

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
Facultad de Agronomía



Compost:

Producción y Uso

Dr. Ganimedes Cabrera

2014

Índice

	Pag.
Agradecimiento	v
Introducción.	vi
Compostaje: Conceptos	1
El proceso de humificación.	2
El proceso de mineralización.	3
Precompostaje.	3
Preparación del material a compostar.	4
1. Recolección de excretas animales y desechos vegetales	5
2. Eliminar material no orgánico es decir no compostable.	5
3. Conocer la cantidad.	5
4. Calcular.	5
5. Triturar el material estructural.	5
6. Picar.	6
7. Llenado de la pila.	6
Compostaje.	6
1. Factores que afectan el compostaje.	6
• Temperatura.	7
• Temperaturas mortales para algunos organismos.	10
• Contenido de humedad.	12
Determinación del contenido de humedad del material durante el compostaje.	13
• Primer método.	13
• El segundo método.	13
La porosidad y el espacio libre	15
La porosidad	15
Ventilación	16
Relación carbono/nitrógeno (C/N).	17
pH	19
Conductividad eléctrica (CE)	20
Balance de nutrientes.	21
Parámetros óptimos del compostaje.	21
Activadores e inoculantes.	23
Activadores.	23
Inoculantes.	23
1. Bacilos.	24
2. Pseudomonas.	25
3. Nocardia.	25
4. Saccharomyces (hongos).	25
5. Trichoderma (hongos).	25
6. Extractos de algas marinas.	26

Aplicación del Oiko Bac Compost.	26
Dosis de aplicación.	26
1. Sistemas normales de compostaje.	26
2. Sistemas fáciles de compostaje.	26
Mezcla de multienzimas o polienzimas.	27
Uso de la mezcla multienzimática	27
Manejo del material a compostar.	28
Tipos de compostaje.	29
1. Producción de compost activo o caliente.	29
2. Producción de compost pasivo o frío.	30
3. Producción de compost a nivel casero, caliente o frío.	30
Compostaje en pila caliente móvil y ventilación natural en forma triangular o pirámide truncada.	30
Compostaje en pila caliente estática y ventilación natural en forma trapezoidal (Windrows).	33
Compostaje con pila estática con aireación natural o forzada.	34
Compostaje en grandes cilindros verticales u horizontales (reactores o contenedores).	34
Cilindros verticales o torres verticales.	35
Cilindros horizontales.	35
Producción de compost pasivo o frío en canteros.	36
Compostaje frío en huecos o fosas superficiales protegidas.	36
Compostaje frío sobre la superficie del suelo.	37
Producción de compost a nivel casero caliente o frío.	38
Producción de compostaje caliente.	38
Compostaje caliente en un barril rotatorio.	39
Producción de compostaje casero en frío.	40
Comparación entre el compostaje frío y el caliente.	41
La unidad de compostaje caliente.	41
1. Área de precompostaje.	43
2. Área de compostaje	44
3. Área de postcompostaje	44
Postcompostaje	45
Evaluación del compost estabilizado.	46
Bioensayos o pruebas de germinación y/o crecimiento para evaluar la madurez del compost.	47
Uso del compost.	49
1. Te de compost.	49
2. Producción de humus líquido/sólido de lombriz roja californiana.	50
3. Fertilizante de larga duración o de liberación lenta.	51
4. Quelación de minerales tóxicos por el humus.	51
5. Mejora de la estructura del suelo.	51
6. Mejora el pH de suelos ácidos.	51

Glosario	53
Bibliografía	61

Índice de Cuadros

	Pag.
Cuadro 1. Temperatura mínima, óptima y máxima de los diferentes grupos de bacterias.	10
Cuadro 2. Composición Aproximada de Carbono, Nitrógeno y de la Relación C/N en materiales orgánicos usables en la elaboración de Compost	19
Cuadro 3. Parámetros óptimos del compostaje.	22
Cuadro 4. Problemas frecuentes durante el proceso de compostaje en caliente, sus causas probables y sus soluciones	42
Cuadro 5. Factores a tener en cuenta en la escogencia del sistema de compostaje. Sistemas caseros.	44
Cuadro 6. Factores a tener en cuenta en la escogencia del sistema de compostaje. Sistemas Industriales.	45
Cuadro 7. Aplicando los siguientes rangos a cuantificación de la germinación se puede clasificar la maduración del compost.	48

Índice de Figuras

	Pag.
Figura 1. El proceso de compostaje	1
Figura 2. Material sin compostar almacenado para compostar.	4
Figura 3. Cambios de materia y energía en la pila de compostaje.	6
Figura 4. Evolución de la temperatura en el proceso de compost.	8
Figura 5. Monitoreo de la temperatura en una pila de compost caliente.	11
Figura 6. Pila de compostaje protegida con plástico de la lluvia.	13
Figura 7. Determinación de la humedad del compost. Método del puño. El segundo método.	14
Figura 8. Movimiento del aire en una pila de compost (efecto chimenea).	17
Figura 9. Relación entre el pH y el tiempo en una pila de compostaje.	20
Figura 10. Distribución de la temperatura en una pila de compost	31
Figura 11. Cambios de temperatura en la pila caliente cuando	32

hay riego y aireación (volteo).	
Figura 12. Windrows y sus rodillos.	33
Figura 13. Compostaje en cilindro horizontal.	35
Figura 14. Compostaje en frio muy apropiado para el cultivo del cacao.	38
Figura 15. Producción de compostaje casero caliente en 63-90 días.	39
Figura 16. Barril rotatorio.	40
Figura 17. La unidad de compostaje caliente.	43

Agradecimiento.

A la Licda. Ingrid Parra y la Ing. Agron. Marisol Camacho por la transcripción del manuscrito realizada con mucha dedicación y cariño.

Gracias.

Introducción.

En esta publicación se da información sobre la transformación de **desechos agrícolas** tanto de excretas animales como de desechos vegetales con el fin de producir **compost** a nivel casero o comercial y también sobre sus posibles usos. Se espera que al agricultor conocer todas las bondades y relativa simpleza que hay en estas transformaciones, podríamos en nuestras comunidades rurales hacer uso de ellas y **evitar lo más posible la quema** que es tan destructiva, riesgosa y contaminante (generadora de monóxido de carbono (CO)).

Aunque los principios de compostaje aquí explicados también podrían ser aplicados a los desechos producidos por los seres humanos en las ciudades: basura, lodo, excretas y purinas humanas, no se discuten ya que su volumen y complejidad nos apartarían de nuestro objetivo.

Con la esperanza que comprendamos que debemos ser más amigables con nuestro entorno rural: flora, fauna, agua, tierra y aire se ha escrito esta publicación.

G. Cabrera.

Compostaje: Conceptos.

El compostaje en su sentido más amplio incluye cuatro procesos:

1. **El precompostaje** que va desde la recolección de la materia orgánica bruta hasta su ubicación en la pila.
2. **El proceso de humificación** que es la transformación de los desechos orgánicos en humus, es el proceso de compostaje propiamente.
3. **Postcompostaje** comprende desde la maduración de la materia orgánica previamente compostada hasta que sale ensacada lista para ser usada.
4. **El proceso de mineralización** que es la descomposición del humus en minerales solubles en agua y así poder ser absorbidos por las plantas.

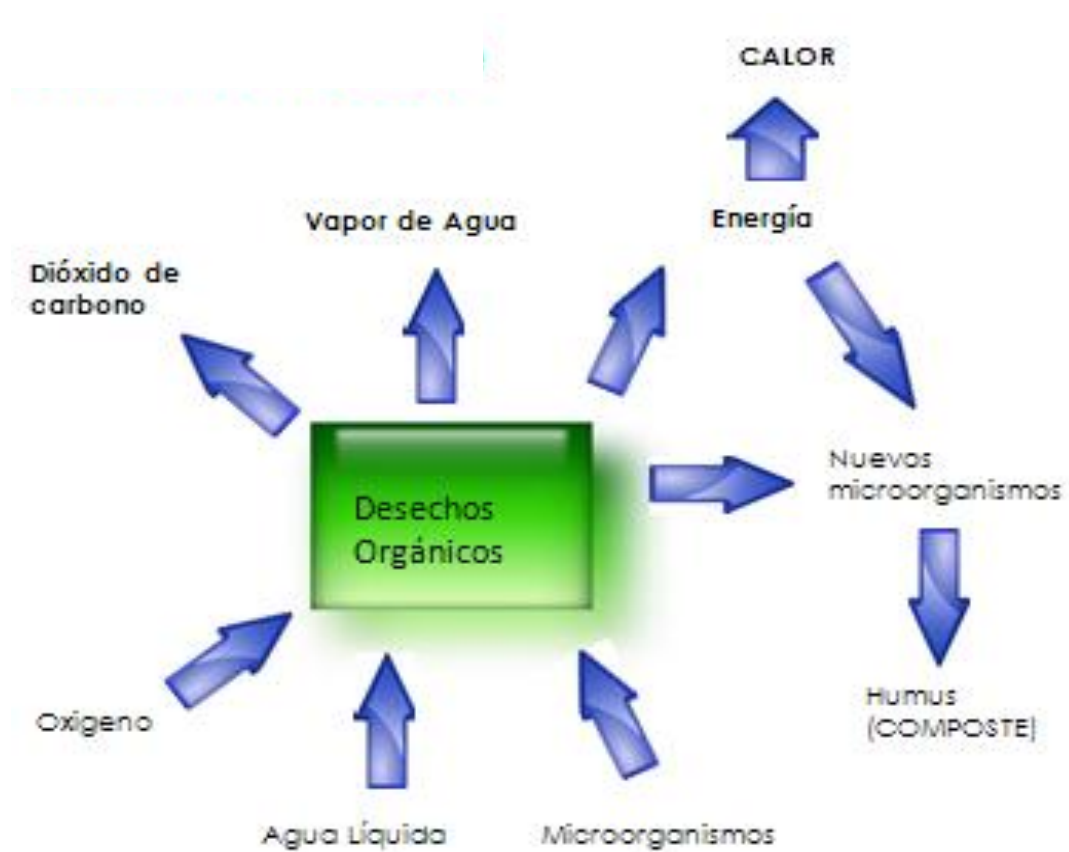


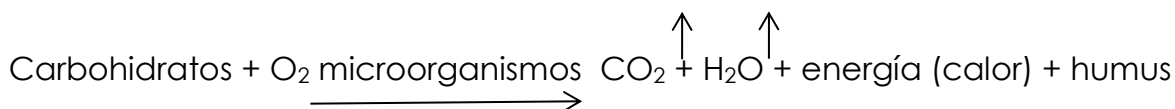
Figura 1. El proceso de compostaje.

El proceso de humificación.

Es un proceso biológico exotérmico de oxidación biológica, de estabilización de la materia orgánica, donde los desechos orgánicos son descompuestos por una población de microorganismos mixtos de bacterias y hongos que consumen la materia orgánica para alimentarse y reproducirse en una condición primordialmente aeróbica-húmeda coexistiendo con condiciones anaeróbicas. En el proceso de humificación se requiere materia orgánica con una relación carbono/nitrógeno de 25-30/1, se requiere, también oxígeno (O_2) y agua (H_2O) liberándose dióxido de carbono (CO_2), vapor de agua y calor. El uso de la materia orgánica como alimento para el desarrollo y multiplicación de los microorganismos junto con la liberación de dióxido de carbono, vapor de agua y calor representa una pérdida del 50% en peso y del 30% en volumen de los materiales orgánica obteniéndose sólo el 50% en peso y el 70% en volumen de humus durante el proceso de humificación es decir **materia orgánica estabilizada**. (Figura 1).

Este proceso biooxidativo de los desechos orgánicos hasta convertirse en humus se llama **humificación**, el cual es un proceso rápido (21-90 días). El humus obtenido en pilas calientes es un material estable y **libre de patógenos**.

Humificación.



El proceso de mineralización.

Si luego de obtenido el humus este es puesto en contacto directo con las raíces de las planta (cultivo organopónico) o es mezclado con el suelo (cultivos geopónicos), este se **descompone lentamente** mediante un proceso oxidativo realizado por los microorganismos aeróbicos generándose **dióxido de carbono (CO₂)**, **agua**, **calor**, **minerales**: macro y micronutrientes **solubles en agua** en **baja concentración**, **ácidos orgánicos**, fulvicos y húmicos que quelatan los cationes metálicos, y **fitohormonas**.

Mineralización.

Humus + O₂ $\xrightarrow[\text{aeróbicos}]{\text{microorganismos}}$ **minerales solubles** en agua a baja
concentración + **ácidos orgánicos +**
fitohormonas

Precompostaje.

El precompostaje comprende desde la **recolección** de la materia orgánica bruta hasta su **ubicación en la pila** pasando por su **almacenaje**.

Los materiales destinados al compostaje se deben recoger en el sitio en que se generan, bien sea en la casa, en el campo o en la industria y luego ser transportados al sitio en que se va a elaborar el compost en forma inmediata o para su **almacenamiento temporal**.

Para el compostaje casero se necesita una carretilla, pala plana, rastrillo, pico y machete, almacenándose en un sitio protegido de la lluvia y de inundaciones (se almacena en seco). Figura 2.



Figura 2. Material sin compostar almacenado para compostar.

Para el compostaje comercial se necesitan tractores con pala frontal y remolques para el transporte y un patio de almacenamiento donde se mantiene el material frío, seco y poca aireación para reducir la descomposición. En este patio se debe exponer al sol durante más de dos días, materiales con alto contenido de agua para deshidratarlo antes del inicio del compostaje, tales como abonos verdes, plantas acuáticas (Bora o Jacinto de agua, (*Eichhornia crassipes*)).

Materiales muy leñosos (tallos, ramas, etc.) deben ser almacenados en una fosa con un poco de suelo y materiales húmedos.

Preparación del material a compostar.

Lo primero que hay que hacer es separar los materiales no compostable como el vidrio, plástico o metales.

Una vez limpio el material a compostar se debe **moler o triturar** con molino de martillo, de hoja o de bolsa. En algunos casos se recurre a la **maceración** en la cual el material a compostar es puesto en un tanque de

poca profundidad al cual se le pase varias veces el tractor, se persigue que el material a compostar tenga un tamaño de 1-5 centímetro de largo para que ofrezca mayor relación superficie/volumen para así ser más fácilmente atacado por los microorganismos y además tenga una mayor circulación de aire durante el compostaje.

El compostaje casero se debe picar con machete y obtener pedazos de 5cm de largo.

En forma resumida en el precompostaje se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

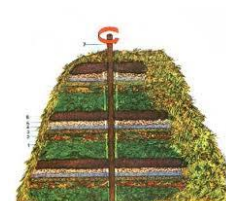
1. **Recolección de excretas animales y desechos vegetales** debe realizarse en la finca o en fincas cercanas y ubicarlas en la **unidad de compostaje** para ello debe usarse un tractor con su remolque.



2. **Eliminar material no orgánico es decir no compostable** como bolsas y envases plásticos, restos de vidrio, alambres y otros materiales metálicos.



3. **Conocer la cantidad** que hay de cada uno de los diferentes tipos de materia prima, los cuales se **mantendrán separados** hasta ser usados en el llenado de la pila para formar **capa o extractos**.



4. **Calcular** las mezclas que se tienen que hacer de los diferentes materiales que a su vez tienen diferentes relaciones C/N, con el fin de obtener una relación C/N óptima, es decir 25-35.

5. **Triturar el material estructural** (ramas gruesas), tallos, etc.). el material estructural que se aporte a la mezcla normalmente debe ser triturado para así minimizar el período de compostaje. Esta trituración se puede



realizar (cuando el material es numeroso) colocándolo en hileras y luego pasarle una máquina pesada por encima, luego pasar el material por un triturador de martillo.

6. **Picar** los materiales largos y delgados con el objeto de obtener un tamaño entre 2-5 centímetros de largo. Materiales de poco tamaño como el aserrín se deben mezclar con materiales de mayor tamaño con el objeto de evitar la compactación y asegurar así una adecuada oxigenación.
7. **Llenado de la pila.** Al llenar la pila se deben alternar capas o estratos de materiales húmedos con secos, materiales ricos en carbono, con ricos en nitrógeno, materiales grandes con pequeños.

Compostaje.

1. Factores que afectan el compostaje.

En general los factores que afectan el compostaje son: temperatura, tamaño de las partículas, contenido de humedad del material a compostar, aireación, relación carbono/nitrógeno (C/N) Figura 3.

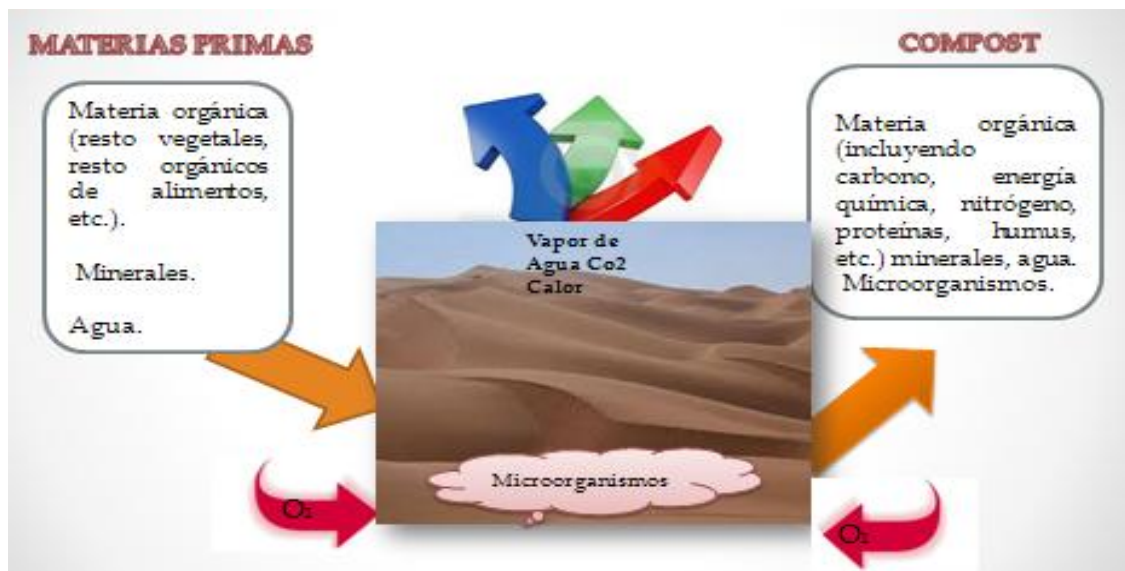


Figura 3. Cambios de materia y energía en la pila de compostaje.

- **Temperatura.**

La acción de los microorganismos sobre el material en compostaje genera energía y parte de ella se transforma en calor, lo cual origina un incremento grande de la temperatura durante el **compostaje activo o caliente** y mucha **menor temperatura en el compostaje pasivo o frío**. **En la primera fase o mesofílica** uno del compostaje activo o caliente hay un incremento gradual de la temperatura por encima de la temperatura ambiental hasta que se alcanzan los 40°C, es decir el compost pasa de temperatura ambiente y alcanzan los 40°C. Los microorganismos presentes en el material se multiplican rápidamente, y la temperatura se eleva, la tasa de pérdida de calor es menor que la tasa de calor generada por los microorganismos por lo que la temperatura de la pila aumenta. Durante esta fase de descomposición la temperatura de la pila aumenta. Durante esta fase se descomponen todos los compuestos fáciles de descomponer tales como azúcares, almidones y grasas. Al alcanzarse los 40°C de temperatura las bacterias y hongos termófilos comienzan a desarrollarse hasta alcanzar temperaturas de 60-70°C. Desde los 40°C hasta los 60°C es la **segunda fase o fase termofílica** que se alcanza entre los 4 a 7 días. Al alcanzarse la temperatura de 60°C las bacterias que forman esporas y los ascomicetes se mantienen mientras que los hongos prácticamente desaparecen. La temperatura puede alcanzar un máximo de 80°C en pilas grandes y se expulsa vapor de agua. En todo caso en esta etapa se alcanza el máximo de temperatura, cuando se alcanza esa temperatura máxima la tasa de pérdida de calor generada por el compost es igual a la tasa de calor que los macroorganismos generan y la temperatura se mantiene. Figura 4.

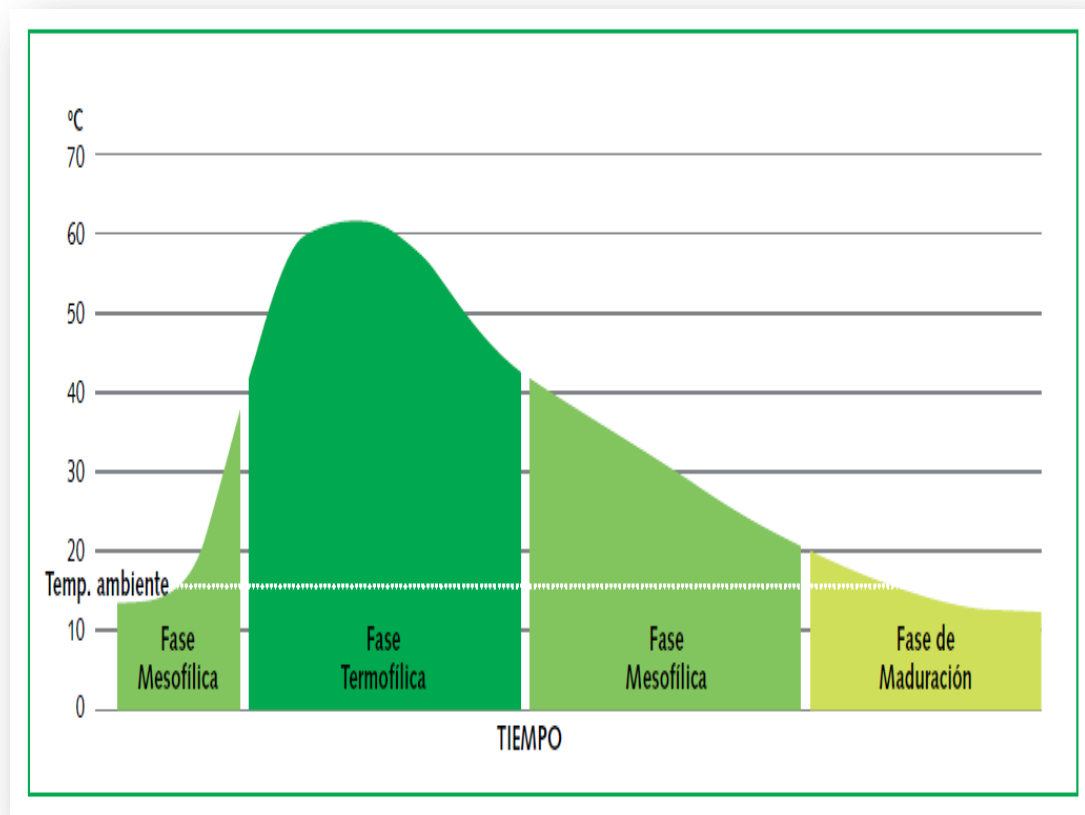


Figura 4. Evolución de la temperatura en el proceso de compost.

Fuente: Rueda P., 2005

El material en compostaje no atrae moscas y gusanos y no se debería producir malos olores. Después de alcanzar la máxima temperatura se inicia la **fase tres o mesofílica dos de enfriamiento** el material se descompone en esta fase básicamente por los hongos y actinomicetes provenientes de las zonas frías del compost y atacan los compuestos más difíciles de degradar como las celulosas y las hemicelulosas produciéndose compuestos azucarados que están a la disposición de los microorganismos en la **fase tres o de enfriamiento** la temperatura continua descendiendo hasta igualarse con la temperatura ambiental. Es importante destacar que durante

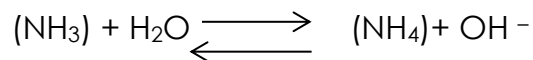
esta fase se liberan antibióticos. Al final de la fase de enfriamiento desaparece la mayoría del alimento y se inicia la competencia entre los microorganismos entrando el proceso de compostaje en la **fase cuatro o de madurez** en donde la descomposición de la materia orgánica y el desprendimiento de calor son muy pequeños ((la temperatura del compost es similar a la del ambiente). Figura 4, todo el proceso de compostaje en pilas calientes tarda entre 21-90 días dependiendo del tamaño de los materiales a compostar, la aireación, la humedad de la pila y las condiciones ambientales. La temperatura máxima alcanzada durante el compostaje (fase dos o termofilia) es importante ya que la degradación de los materiales declina a partir de los 55°C y a temperaturas superiores a los 60°C se inhibe el crecimiento de la mayoría de los microorganismos y se paraliza la degradación (Cuadro 1). Estas altas temperaturas sirven para matar microorganismos **patógenos termosensibles**, pero lo más importante para destruir estos patógenos no es sólo la temperatura sino el tiempo de exposición (**temperatura-tiempo**), cuando la temperatura es superior a los 60°C el tiempo necesario para eliminar los patógenos es de pocos días, mientras que cuando la temperatura se mantiene entre 50 y 60°C, se necesitan períodos de tiempo entre 10 y 20 días. Debe establecerse un balance entre la temperatura óptima para eliminar los patógenos y la temperatura favorable para la degradación por lo que la temperatura óptima debe estar a 55°C.

Cuadro 1. Temperatura mínima, óptima y máxima de los diferentes grupos de bacterias.

Temperatura °C			
Grupo	Mínima	Optima	Máxima
Termofilica	40-45	55-75	60-80
Mesofílico	10-15	30-45	35-47
Sicrofila	//	//	//
Obligada	(-5) – (+5)	15-18	19-22
Facultativa	(-5) – (+5)	25-30	30-35

Temperaturas mortales para algunos organismos.

Durante el compostaje no sólo es importante la relación temperatura-tiempo para matar los patógenos sino también la liberación de amoníaco (NH₃) que tiene un efecto directo sobre algunos organismos, sino que además cambia el pH de los desechos de ácidos a alcalinos matando aquellos organismos que no pueden vivir en pH alcalino.



También en la etapa o fase de maduración se generan sustancias antibióticas que igualmente matan microorganismos.

En la Figura 5 Se indican las temperaturas que se requieren para matar a la mayor parte de los organismos patógenos, usando calor durante 30 minutos en condiciones húmedas.

El monitoreo de la temperatura en la pila de compost es uno de los parámetros más importantes, ya que esta refleja cómo se está realizando el proceso de compostaje, además nos permite enterarnos si el **proceso de pasteurización** se está realizando o si la temperatura está subiendo por encima de los 70°C, en cuyo caso hay que tomar previsiones para evitar un posible incendio.

Para realizar este monitoreo es necesario contar con un termómetro con un vástago de por lo menos 70cm siendo ideal de 1,50m, además se debe tener una hoja para el registro. Figura 5.

La temperatura debe ser registrada diariamente en las primeras etapas del compostaje y luego con menos frecuencia. Debe tomarse la temperatura a una misma hora del día, para lo cual se debe introducir el termómetro en la pila de forma tal que quede cercano al centro ya que es en esa zona donde se produce la mayor temperatura, tomándose a ambos lados de la pila (Figura 5.).

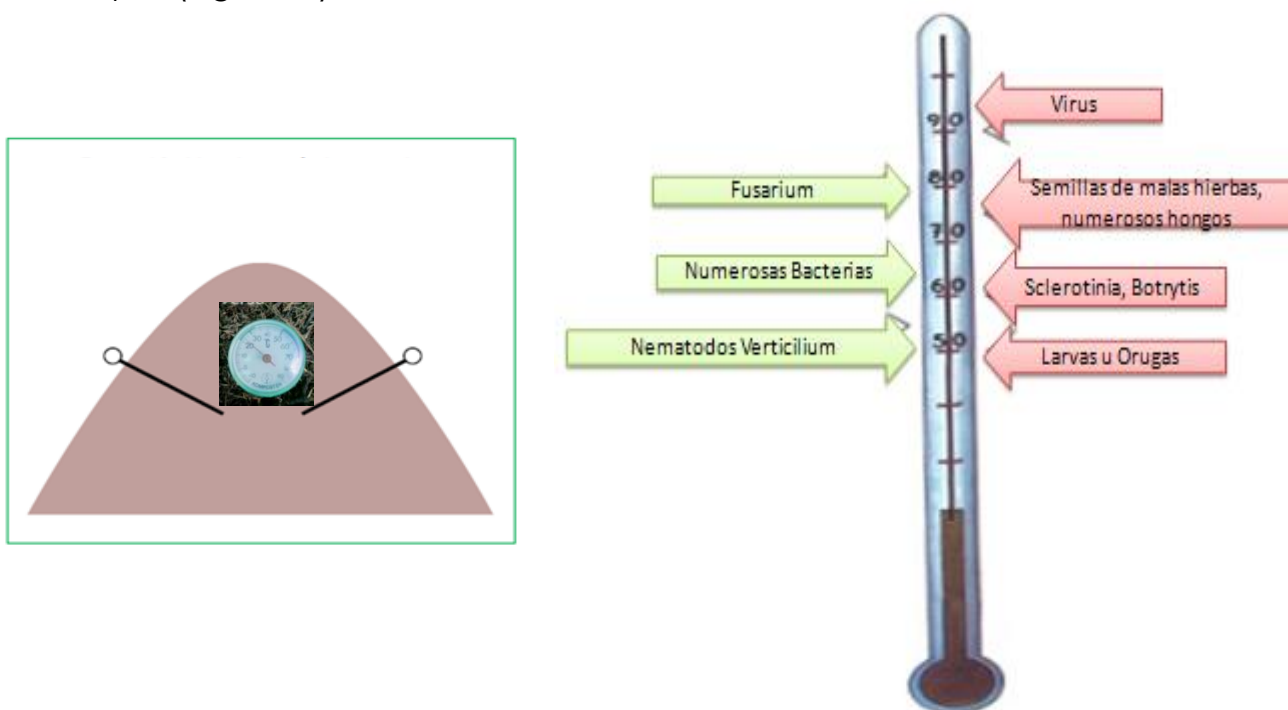


Figura 5. Monitoreo de la temperatura en una pila de compost caliente.

La temperatura se puede **estimar** con una varilla de hierro o una cabilla de 150cm de largo la cual se mete dentro del material en compostaje y si al sacarla quema la mano, significa que la temperatura está a 60°C o más.

- **Contenido de humedad.**

Existe una relación inversa en cualquier material poroso entre la humedad y el aire que contiene el material poroso, es decir, que a mucha humedad poco aire y viceversa.

Debido a que los microorganismos requieren aire/oxígeno y requieren también agua debe existir un equilibrio entre la cantidad de agua y oxígeno. El agua es esencial en el proceso de compostaje ya que la mayoría de los microorganismos producen exoenzimas disueltas en agua que atacan los materiales y además los nutrientes que necesitan los microorganismos tiene que disolverse en agua para poder ser absorbidos. Contenidos de humedad por debajo del 30%, la actividad de los microorganismos se reduce considerablemente y cesa totalmente a niveles del 20%. Si la humedad es mayor del 60% ocasiona taponamiento de los poros reduciendo el acceso del oxígeno a los microorganismos **se considera que el rango óptimo de humedad debe estar entre 50 y 60%.** Durante el proceso de compostaje los microorganismos producen agua pero esta es muy poca por lo que hay que agregarle ya que esta se evapora durante la fase termofílica mayormente.

Durante el proceso de compostaje hay que evitar que la pila reciba exceso de agua, por lo que se debe protegerlo de la lluvia (plástico de polietileno, Figura 6).



Figura 6. Pila de compostaje protegida de la lluvia con plástico

Determinación del contenido de humedad del material durante el compostaje.

Existen dos métodos para evaluar la humedad del material en compostaje, el primero **estima** el contenido de humedad y el segundo **mide** el contenido de humedad.

El primer método consiste en apretar con las manos un puñado de compost y **el segundo** consiste en pesar en húmedo y en seco una muestra de la pila.

Primer método. Si luego de apretar un puñado de compost con la mano se humedece significa que la muestra contiene aproximadamente un 60% de humedad. Si sólo se humedece la mano, pero el material toma la forma en la cual se apretó la mezcla, contiene cerca de un 50% de humedad. Por el contrario si se humedece la mano y los materiales no se agrupan sino que luego de ser apretados se separan la mezcla, contiene menos de un 40% de humedad, lo cual debe ser corregido lo más rápido posible (asperjando agua sobre la pila). Figura 7.



Figura 7. Determinación de la humedad del compost. Método del puño. El segundo método.

Es más exacto ya que mide la humedad y se realiza de la siguiente forma:

1. Pesar un contenedor de vidrio o de un material que pueda ser utilizado en el horno microondas.
2. Agregar al contenedor 100 gramos de compost.
3. Colocar la muestra dentro del microondas a temperatura media o baja **4-5 minutos**.
4. Pesar la muestra sacada del microondas **una vez que este fría**.
5. Volver a colocar la muestra en el microondas a igual temperatura por dos minutos y pesar nuevamente la muestra fría. Repetir este procedimiento hasta obtener pesos iguales.
6. Para calcular el contenido de humedad se debe restar el peso inicial húmedo y el peso de la muestra seca y multiplicarlo por 100, expresándose el contenido de humedad en porcentaje (%).

Tamaño de material a compostar.

El tamaño de las partículas va a determinar la superficie expuesta al ataque de los microorganismos. Es importante la relación área/volumen: si las partículas son pequeñas tendrán una alta relación área/volumen, creándose problemas de compactación, lo cual ocasiona problemas de baja porosidad y por lo tanto de aireación, lo cual se restringe el movimiento de gases (entrada de O_2 , salida de CO_2 , vapor de agua y calor).

En compostaje con volteado y ventilación forzada el tamaño apropiado de las partículas es de 1.25 centímetros y para aireación natural con filas largas, el tamaño óptimo es de 5 centímetros.

La Porosidad y el espacio de aire libre.

La masa de compost como material poroso, está constituido en tres fases: Solida (material a descomponerse), Liquida (agua) y Gases (CO_2 , O_2 y amoníaco NH_3). Los poros o los espacios no ocupados por la fase solida pueden estar ocupados por el agua y/o por los gases como el oxígeno, nitrógeno gaseoso o sus mezclas oxidadas, amoníaco (NH_3), CO_2 y por el vapor de agua.

La Porosidad.

Es la relación que existe entre el volumen total de poros y el volumen total de la masa del compost.

El Espacio del Aire Libre, Es la relación entre los poros llenos de gas y el volumen total de la masa del compost.

La porosidad toma en cuenta el volumen total de los poros llenos de agua y gases, en cambio el espacio de aire libre toma en cuenta solo los poros llenos de gases y no de agua.

Se debe mantener un espacio libre mínimo del 30%, para una amplia variedad de compostaje.

Ventilación.

El oxígeno es de suma importancia en el proceso de respiración y fermentación aerobia, el cual puede ser suplido al compost por **ventilación natural: por difusión y por efecto chimenea**, desde el aire externo, a través de la matriz, volteando el material manualmente o con maquinaria o introduciendo palos gruesos o tubos con huecos en forma vertical (Chimeneas) u horizontal con respecto a la fila. También se puede usar **ventilación forzada**, con presión negativa o succión (extractores) o con presión positiva (ventiladores). Hay que evitar la generación de procesos anaeróbicos, que a su vez generan metano y malos olores (ácido sulfídrico H_2S) y además retarda el proceso de compostaje. El déficit de oxígeno o anaerobiosis, puede presentarse en la fase mesofílica o fase uno, o en la termofílica o fase dos.

El volteado del material o compost, debe ser realizado finalizada la fase de enfriamiento, iniciándose de inmediato una segunda fase mesofílica y una segunda fase termofílica, donde se genera poco vapor de agua, produciéndose a continuación una segunda fase de enfriamiento. El volteo debe ejecutarse al menos una vez a los 10-14 días, después de la construcción de la pila, siendo mucho mejor de dos a tres veces. Con el volteo se logra una mayor cantidad de oxígeno dentro del material en

compostaje y se contribuye al desmenuzamiento de las partículas más grandes para así exponerlas al ataque bacteriano.

Es importante que durante el volteado, que el material que realiza una fermentación aeróbica y por lo tanto mayor calentamiento, sea ubicado en la parte inferior de la nueva pila y que el material que realizó una fermentación anaeróbica y generó poco calor, sea ubicado en la parte superior de la nueva pila (Figura 8).

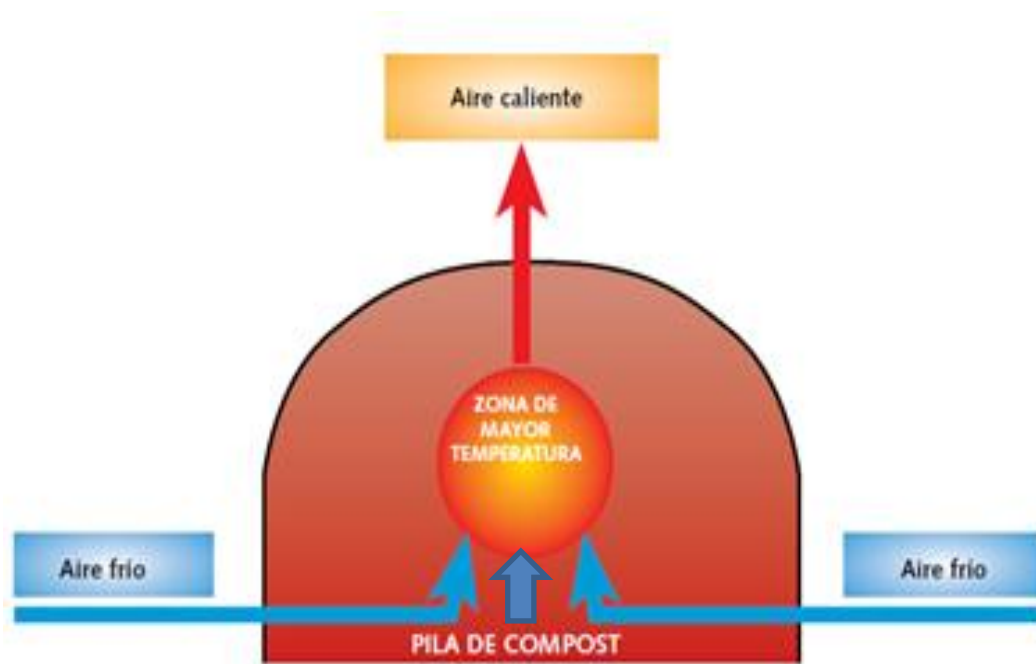


Figura 8. Movimiento del aire en una pila de compost (efecto chimenea).

Fuente: Adaptado de Rink et al, 1992

Relación carbono/nitrógeno (C/N):

Los microorganismos necesitan veinticuatro a treinta partes de carbono por una de nitrógeno, (relación C/N= 24-30/1). El carbono le suministra la energía y el nitrógeno es usado para la formación de proteínas. Una relación C/N de 20/1, significa que el material tiene poco carbono y

mucho nitrógeno relativamente. Una relación C/N de 70/1, significa que el material tiene mucho carbono y poco nitrógeno relativamente, por lo que habría que mezclarlos con materiales de baja relación C/N, como por ejemplo, sangre seca, con relación C/N de 2.0 o agregarle Urea, también se puede utilizar Nitrato de Amonio, azúcares, melazas y vinazas, etc. También hay que tomar en cuenta que una **relación C/N de 10/1, se obtiene cuando el compost está maduro.**

El material del compost debe ser una mezcla de materiales con alto contenido de carbono y con materiales con alto contenido de nitrógeno, con el fin de obtener una **relación óptima** de 25-30/1 (ver cuadro 2). Aunque es posible tener materiales que contengan relaciones C/N entre 25 y 30/1, en este caso no importa las proporciones a mezclar. En general los materiales de origen vegetal, tienen alto contenido de carbono y los materiales de origen animal, tienen un alto contenido de nitrógeno, si la relación C/N es baja o muy baja, en el material a compostar; es decir menos de 25/1, hay exceso de nitrógeno, entonces pueden liberarse gases amoniacales (NH_3), perdiéndose parte del nitrógeno.

Si se composta material con alto contenido de carbono (relación C/N alta), es decir mayor del óptimo (25-35/1), la velocidad de descomposición es muy baja y probablemente no alcanzaría una temperatura alta adecuada para matar los patógenos y gran parte del material orgánico no será oxidado; lo cual puede corregirse agregándole materiales ricos en proteínas, urea y sulfato de amonio, etc.; aumentándose así la temperatura y la velocidad de oxidación del material a compostar.

Cuadro 2. Composición Aproximada de Carbono, Nitrógeno y de la Relación C/N en materiales orgánicos usables en la elaboración de Compost

Materiales	C%	Ni%	C/N
Sangre Seca o Harina de Sangre	35	15	2.0
Gallinaza	15	1.5	10.0
Hierba Joven Cortada			12.0
Plantas de Abono Verde			10-15
Pulpa de Café			8.0
Jacintos de Agua y Bora			20.0
Estiércol de Equino (Caballos)	15	0.5	30.0
Estiércol de Suinos (Cerdos)	8	0.7	15.0
Estiércol de Bovinos (Vacuno)	7	0.5	15
Estiércol de Ovino (Ovejos)			
Hojas Secas recién cortadas	40.0	1.0	10-80
Pajas, tallos de Maíz y Tusa	40.0	0.1	200-500
Purín Porcino	41.0	3.1	13.4
Vinaza	15.0	2.5	6.0

pH.

Al inicio del compost el pH se vuelve ligeramente ácido ya que los productos iniciales azúcares, aminoácidos, etc.; de la descomposición son ácidos orgánicos simples. Al cabo de unos pocos días la pila se vuelve ligeramente acida a medida que las proteínas son atacadas y se libera amoníaco (NH₃) que al reaccionar con el agua produce OH⁻ que alcaliniza el medio y se produce amonio (NH₄).



En general los valores de pH durante el compostaje se ubican en un rango de 3.0 a 11.0, considerándose óptimos los comprendidos entre 5.0 y 8.0. a medida que se estabilizan los materiales compostados entre 7.0 y 8.0. hay que recordar que las bacterias prefieren un pH neutro y los hongos se desarrollan mejor en pH ácidos. El pH, es uno de los parámetros usados como indicativos de la evolución del proceso de compostaje (Figura 9).

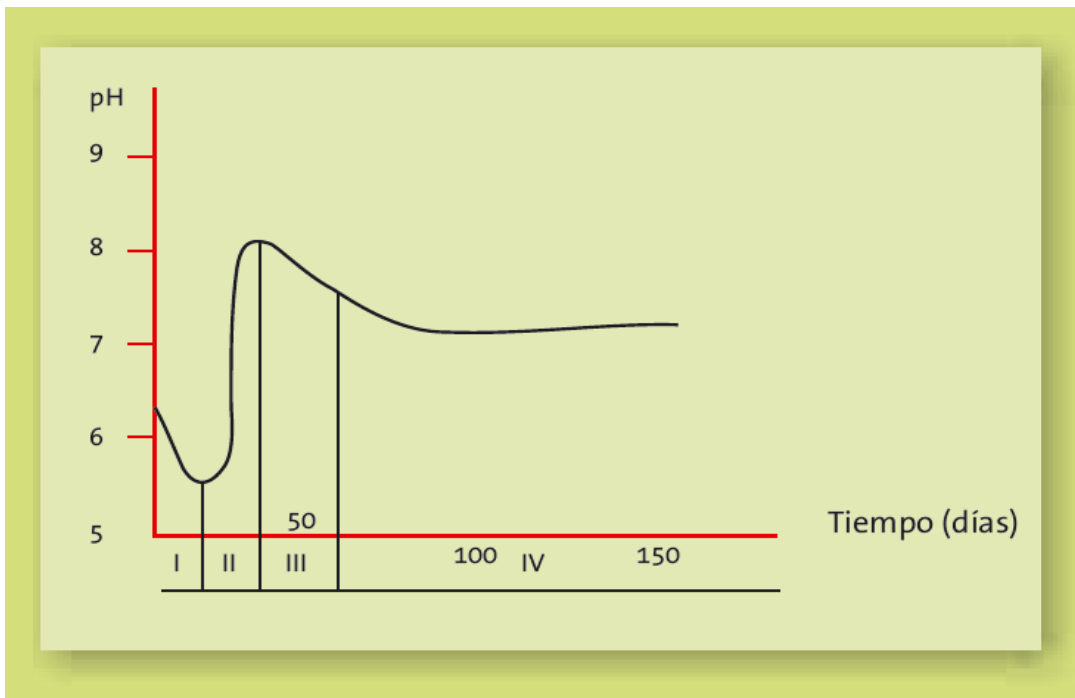


Figura 9. Relación entre el pH y el tiempo en una pila de compostaje

Conductividad Eléctrica (CE):

La conductividad eléctrica mide la concentración de iones de una solución en milisiemen por centímetros $^{-1}$ (abreviado $mS\ cm^{-1}$) un $mS\ cm^{-1}$ es igual a 650 partes por millón (ppm). La conductividad eléctrica sigue una evolución durante el proceso de compostaje similar a lo del pH, es decir al inicio del compostaje se realiza un descenso de la conductividad

eléctrica (CE) como consecuencia del crecimiento microbiano que consume parte de las sales presentes, posteriormente sube la CE, como consecuencia de la liberación de sales al degradar los componentes de la materia orgánica por la población microbiana.

Balance de nutrientes.

Es la combinación de diversos materiales con el fin de obtener el balance óptimo para los microorganismos de una relación carbono/nitrógeno de 25-30/1. Cuando se tiene materiales de una buena relación C/N es decir entre 25-30/1 no es necesario hacer mezclas. Pero cuando hay materiales con relativamente alto contenido de nitrógeno (baja relación C/N) y viceversa. Se deben realizar las mezclas desde el punto de vista práctica es aconsejable usar unidades de peso, Kilogramos (kg) o Toneladas (Tn), o unidades volumétricas, metros cúbicos (m³) para hacer las mezclas.

Parámetros óptimos de compostaje.

En el Cuadro 3, se resumen los parámetros óptimos durante el compostaje o al terminarse dicho proceso

Cuadro 3. Parámetros Óptimos del Compostaje

Parámetro	Valor
Relación C/N en la materia prima	25/1 a 30/1
Relación C/N en el compost maduro	10/1
Tamaño de la partículas a compost	1.0 – 1.5 cm en sistema con agitación mecánica y aireación forzada 5.0 cm en pila de compostaje y aireación natural
Contenido de humedad en la materia prima	50-60%
Contenido de humedad en el compost maduro	35-60%
Flujo de Aire	Mantener el nivel de oxígeno entre 10-18%
Temperatura	55-60 °C durante tres días (fase termofílica)
Volteo o Agitación	Agitación regular y volteo de al menos una vez
Control del pH o de la conductividad eléctrica	Normalmente no es necesario
Tamaño de la Pila	Longitud variable, altura 1.5 y ancho 2.5 en pilas con ventilación natural. El ancho y la altura pueden aumentar manteniéndose siempre una relación 2 a 1 si se dispone de ventilación forzada.
Peso y Volumen de la materia orgánica en la Materia Prima	Volumen 100% Peso 100%
Peso y Volumen en el compost maduro	Peso 50% Volumen 66-70%

Activadores e inoculantes.

Activadores.

son compuestos orgánicos ricos en nitrógeno, si la relación carbono/nitrógeno, es mayor que la óptima (25-35%), por ejemplo, 70/1, significa que el material tiene un alto contenido de carbono y relativamente bajo en proteínas, por lo que hay que agregar antes del compostaje, compuestos orgánicos o inorgánicos ricos en nitrógeno.

Compuestos Inorgánicos ricos en nitrógeno.

- ✓ Urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$: 46% N
- ✓ Nitrato de Amonio $\text{NO}_3 \text{NH}_4$: 34% N
- ✓ Sulfato de Amonio $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$: 21% N

Compuestos orgánicos ricos en nitrógeno.

- ✓ Sangre.
- ✓ Melaza.
- ✓ Vinaza (rico afluente de la conversión de melazas o alcohol industrial).

Inoculantes.

Son microorganismos (bacterias, hongos o actinomicetes), o multienzimas que se agregan al material a compostar. Al inocular microorganismos al material a compostar se está contaminando (o afectado) todo el material y luego de finalizado el proceso de compostaje, parte de ese material puede ser usado para inocular los microorganismos en el nuevo material a compostar, en cambio las enzimas al agregarse al material a compostar

tienden a desaparecer por las altas temperaturas (55-60°C) que se desarrollan durante el proceso de compostaje caliente.

Microorganismos aceleran el proceso de compostaje.

Bacterias, son microorganismos que producen enzimas que descomponen la materia orgánica. De acuerdo a los óptimos grados de temperaturas, que actúan se pueden clasificar en:

Bacterias Sicrofilicas, las cuales actúan en ambientes fríos

Bacterias Mesofilicas, las cuales actúan en temperaturas de +20 hasta +40°C

Bacterias termofílica, que actúan desde los 40°C hasta los 72°C, donde se estabilizan.

Actinomicetes, se sitúan entre las bacterias y los hongos que son más desarrollados, compartiendo algunas propiedades de ambos.

Hongos, produce enzimas y antibióticos.

Mezcla comercial de microorganismos OiKo Bac compost, esta mezcla descompone proteínas, grasas, almidones, pectinas, celulosa, etc.

1. Bacilos

Bacillus subtilis, produce su concentración que es de 350.000.000 por gramo del producto.

Bacillus Linchiniformes, producen gran variedad de enzimas y antibióticos, 350 millones por gramos del producto.

Bacillus megaterium, produce gran variedad de enzimas incluyendo aquellas que degradan los ácidos orgánicos alifáticos, 350 millones por gramo del producto.

Bacillus polymyxa, produce las enzimas hemicelulosa y pectinasa. Además produce polimixina (antibiótico), 350 millones por gramo de producto.

Bacillus macerans, produce las enzimas polisacaridasa y pectinasa para degradar la estructura de las plantas, 350 millones por gramo del producto.

2. Pseudomonas.

Realiza la degradación de toda clase de hidrocarburos y sus derivados.

Pseudomonas fluorescens, produce la oxidasa para degradar hidrocarburos alifáticos, 375 millones por gramo de producto

Pseudomonas putrida, produce la enzimas oxidasa, mono-oxigenasa y diogenasa para degradar hidrocarburos incluso los aromaticos, 375 millones por gramo de producto.

3. Nocardia.

Nocardia coralina, actinomicete, produce las enzimas oxidasa y diogenasa, 500 millones por gramo del producto.

4. Saccharomyces (hongos).

Saccharomyces cerevisiae, producen las enzimas proteasas y amilasas además de vitaminas, 500 millones por gramo del producto.

5. Trichoderma (hongos).

Es un hongo muy activo en los procesos de amonificación y descomposición de la celulosa y enzimas celulíticas además de antibióticos eficaz contra hongos patógenos, 200 mil por gramos del producto.

6. Extractos de algas marinas

Ascophallum modosum, suministra nutrientes microbianos esenciales y hormonas vegetales que estimulan el crecimiento microbiano.

Además contiene Sulfato de cobre Cu SO_4 ; Sulfato ferroso, FeSO_4 ; Sulfato de Manganeseo MnSO_4 , molibdato de sodio $\text{Na}_2 \text{Mo O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y Sulfato de Zinc, ZnSO_4 .

Aplicación del Oiko Bac Compost.

Es un polvo que contienen los microorganismos en estado latente, antes de su aplicación al material a compostar hay que rehidratar el producto para activar los microorganismos. La rehidratación debe realizarse con agua limpia (sin cloro), protegida de sol, agitando la mezcla con frecuencia durante media hora, aplicándose lo más antes posible el material a compostar, con el fin de lograr la mayor dispersión, es decir aplicándolo a cada capa del sustrato.

Dosis de aplicación.

1. Sistemas normales de compostaje.

- Con una relación C/N de 25-35/1:

30 gramos del producto disueltos en 10 litros de agua aplicados a un metro cubico de material orgánico a compostar.

2. Sistemas fáciles de compostaje.

- Con altos contenidos de lignina y celulosa con una relación C/N mayor de 35/1:

50 gramos del producto disueltos en 10 litros de agua aplicados a un metro cubico de material orgánico a compostar.

- Tiempo de compostaje de 42-56 días.

Mezcla de multienzimas o polienzimas.

Es un polvo que contiene enzimas y otros productos los cuales aceleran el proceso de compostaje (2%).

Composición:

- ✓ Enzimas: amilasa, celulosa, lactasas, lipasas, páncreasas, proteasas, fosforilasas, invertasas, etc.
- ✓ Microelementos de origen vegetal 3%
- ✓ Macroelementos de origen vegetal 7%
- ✓ Ácidos húmicos 3%
- ✓ Lecitina vegetal y sustratos orgánicos de fermentación 20%
- ✓ Algas: litholaminium calcarium 40%
- ✓ Minerales 20%.

Uso de la mezcla multienzimatica.

Sobre cada capa o estrato del material a compostar se distribuye homogéneamente (espolvorea), al 1-2 por mil, es decir de uno a dos gramos de la mezcla multienzimatica, por cada 1000 gramos (1 kilogramo) del material a compostar.

Podría usarse la relación de 150-200 gramos de la mezcla multienzimática por metro cúbico del material a compostar. El tiempo a compostar es de 45 días.

Manejo del material a compostar.

1. Usar mezcla orgánica con la menor cantidad de patógenos y libre de metales pesados
2. Agregar a cada capa o estrato los microorganismos o las enzimas (mezcla multienzimática)
3. Formación de las capas o estratos:
 - **Capas de Pequeño Grosor:** supongamos que vamos a mezclar los materiales A, B y C; coloque capas de 10 centímetros de espesor de cada una, formando una primera capa de 30 centímetros, repita el proceso o secuencia hasta llenar la pila.
 - **Capas de Mayor grosor:** se forman capas de 20-40 cm de grosor formando una capa de 60 a 120 cm de espesor.

La diferencia entre dos sistemas, es que el primer sistema requiere más trabajo pero el material se mezcla mejor y se composte mejor.
4. Si el material a compostar es muy ácido, agregue cal a las distintas capas para lograr un pH de 6.0 a 6.5, que es más satisfactorio.
5. Si el material a compostar es muy húmedo mayor de 60%, se debe poner al sol antes de compostar y si es muy seco menos de 40%, se debe asperjar con agua.
6. Cuando el material a compostar se enfría a temperaturas cercanas a la ambiental después del volteado, se deben agregar de nuevo microorganismos a la mezcla multienzimática, ya que durante la fase termofílica mueren muchos microorganismos. La adición de

microorganismos, hay que repetirlo cada vez que se realice un volteo.

Tipos de compostaje.

De acuerdo a la forma de realizar el compostaje, este se puede clasificar teniendo en cuenta:

Si la pila genera o no calor. Si genera calor se llama pila **activa o caliente** y si no genera calor se llama **pila pasiva o fría**.

Si el compost es movido de un sitio a otro se llama **pila movable** y si no se mueve y permanece en el mismo sitio se llama **pila estática**. Si es ventilada por difusión y por el efecto chimenea, se llama **ventilación natural** y si es ventilada por ventiladores o con tubos huecos por aire a presión o succión se llama **ventilación forzada**.

Tomando en cuenta estos elementos, la producción de compost, en forma activa o caliente, pasiva o fría, si es movable o estática, de ventilación natural o forzada, se puede realizar de diferentes maneras.

1. Producción de compost activo o caliente.

- ✓ Compostaje con pila movable con aireación natural en forma triangular.
- ✓ Compostaje con pila estática en forma trapezoidal con aireación natural. Compostaje con pila estática con aireación natural o forzada (Windrows).
- ✓ Compostaje en cilindros verticales u horizontales.

2. Producción de compost pasivo o frío.

- ✓ En canteros
- ✓ Compost en huecos o fosas protegidas (lugares Fríos)
- ✓ Compost sobre la superficie del terreno.

3. Producción de compost a nivel casero, caliente o frío.

Compostaje en pila caliente movable y ventilación natural en forma triangular o pirámide truncada.

La pila se forma de tal manera que tenga un tamaño máximo de 150 centímetros de alto y 240-300 centímetros de ancho, usualmente el ancho es dos veces el alto. La altura disminuye considerablemente, en la medida que avanza el compostaje. En la pila existe una relación superficie-volumen; al construirse una pila de 150 centímetros de altura y 240 centímetros de ancho, va a tener una menor relación **superficie/volumen** que una pila de 100 centímetros de alto y 150 centímetros de ancho, lo cual trae como consecuencia, que en el primer caso se va a tener un mayor **volumen central** que puede alcanzar temperaturas de 55-70 °C, apropiadas para la destrucción de patógenos y de semillas de malezas, debido a que este nivel de aire genera calor y lo conserva.

La pila de menor tamaño no genera un **volumen central** adecuado para una fermentación adecuada, por lo que su temperatura podría llegar solo a 40 °C, lo cual es insuficiente para matar los patógenos, todo esto debido al exceso de aireación. El menor volumen que debe haber para que la pila se caliente suficientemente, **deberá ser mayor de un metro cubico.**

La relación área de la superficie, a volumen de la pila va a determinar la velocidad de pérdida de agua y de calor de la pila, las cuales son

mayores relativamente en la pila pequeña que en las pilas grandes, lo cual trae como consecuencia que la pila se caliente muy poco, debido a que al evaporarse el agua y luego movilizarse fuera de la pila, saca todo el calor.

Al iniciarse la formación de la pila se debe **colocar material grueso (ramas, etc.), en el fondo de la pila** para facilitar la aireación, el flujo de aire entra por la parte inferior de la pila, y asciende hacia la parte superior por el efecto chimenea, sacando el dióxido de carbono (CO_2), generando en la fermentación/respiración, arrastrando también parte de la energía/calor, producida en la fermentación aeróbica/respiración. El oxígeno entra hacia el interior de la pila por procesos **de difusión** (figura 10).

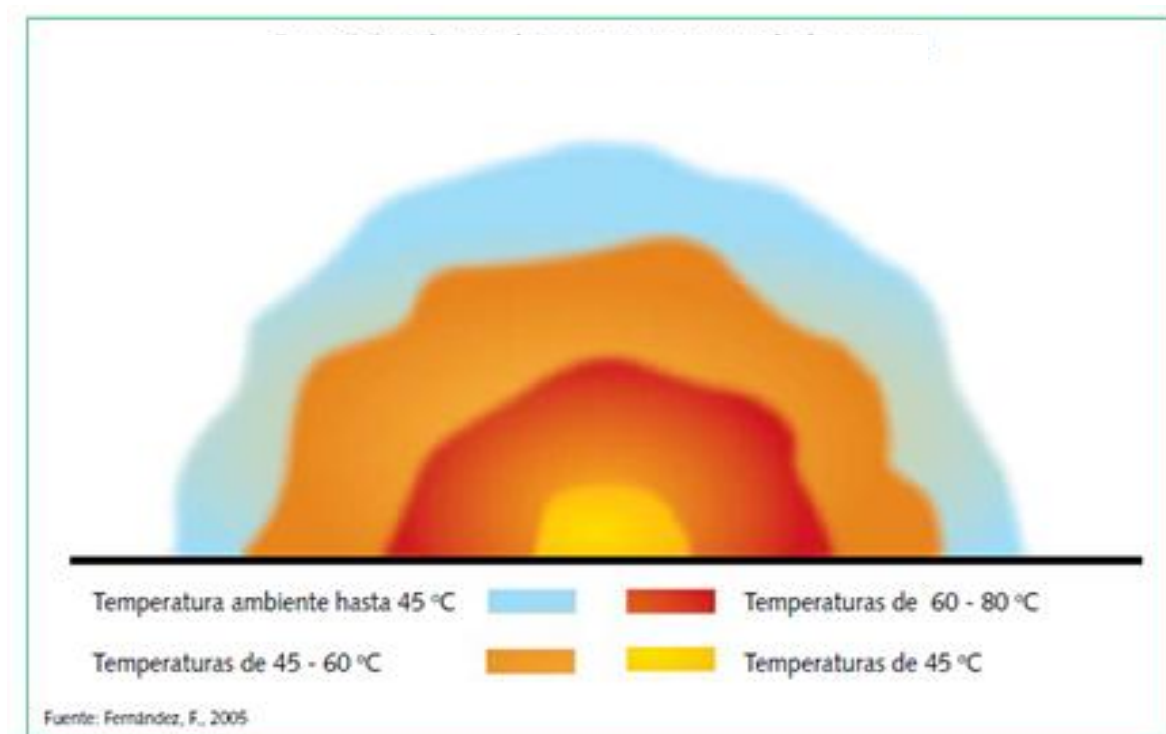


Figura 10. Distribución de la temperatura en una pila de compost.

Fuente: Fernández F., 2005

La pila se forma por capas o estratos de los diversos materiales según su relación C/N de un grosor de 10-20 centímetros de espesor, alternando material proveniente de excretas con material vegetal, etc.

Al cabo de 14 días de haberse iniciado el compostaje, la temperatura de la pila ha pasado de temperatura ambiente, alcanzando de 60-70 °C, descendiendo la temperatura causando que la pila se enfríe. Luego alcanza de nuevo temperatura ambiente. En este momento, se debe voltear la pila hacia el área adyacente, poniendo en la parte inferior de la pila nueva la parte superior de la pila vieja, y en la parte superior de la pila nueva la parte inferior de la pila vieja. Figura 11.

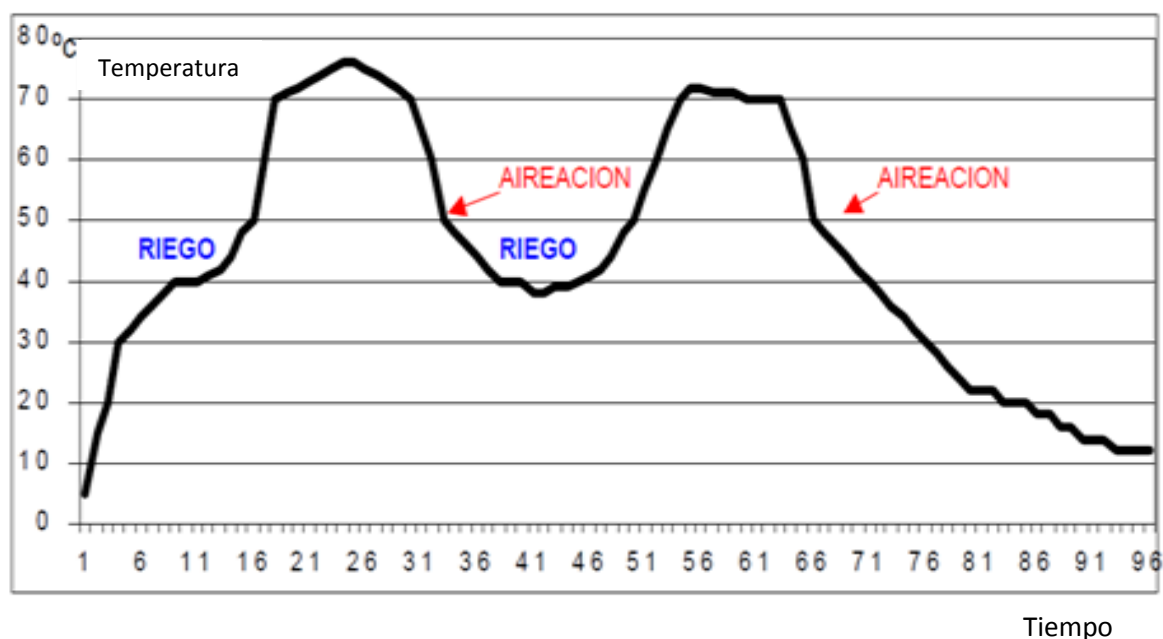


Figura 11. Cambios de la temperatura en la pila caliente cuando hay riego y aireación (volteo).

Durante el compostaje coexisten zonas de fermentación aeróbica con fermentación anaeróbica por lo que el volteado debe continuarse hasta que la mayoría del material de las pilas, este fermentado aeróbicamente. Si durante el volteo se notó que hay zonas secas, hay que agregarle, agua

asperjada, para que los microorganismos tengan la humedad necesaria para vivir y reproducirse.

La pila debe estar protegida de las lluvias, para evitar el exceso de humedad, la lixiviación y la falta de oxígeno.

Compostaje en pila caliente estática y ventilación natural en forma trapezoidal (Windrows).

La pila trapezoidal tiene 1.5-3.0 metros de altura y de 2.5-4.0 metros de base y largo variable. Encima de las hileras que se forman pasa una máquina que la mezcla, dejando las hileras en su sitio, este procedimiento se repite cada cierto tiempo, agregándose agua si el material está seco. La pila se puede airear mediante aire forzado a presión principalmente durante la fase termofílica, esto para acelerar el proceso de compostaje, pero normalmente todo este proceso se hace bajo ventilación natural.



Figura 12. Windrows y sus rodillos.

Compostaje con pila estática con aireación natural o forzada.

Estas pilas son de 150 centímetros de alto y de 240-300 centímetros de ancho, de forma triangular y de largo variable. **En la pila estática con ventilación natural** además de efectuarse, la aireación por efecto chimenea, el proceso difusivo se efectúa por chimenea (palos de 15-20 centímetros de diámetro), que se colocan en la parte superior, separados a 2 metros entre ellos y alrededor de ellos se forma la pila, al terminarse de llenar la pila se sacan los palos y se puede observar con este procedimiento que quedan hoyos, los cuales son llamados “**chimeneas**”, por lo cuales es expulsado el CO_2 , el vapor del agua y entra el aire/oxígeno.

También en el tercio inferior del triángulo, se pueden colocar palos horizontales de 15-20 centímetros de diámetro, se llena la pila y después de llenarse, se extraen los palos, quedando así, los hoyos por donde circulan los gases.

En la pila estática con ventilación forzada, en vez de palos se usan tubos huecos, por donde se introduce el aire y los tubos permanecen, hasta el final del proceso de compostaje.

Compostaje en grandes cilindros verticales u horizontales (reactores o contenedores).

Son cilindros metálicos, se usan en instalaciones industriales donde se procesan grandes cantidades de desechos orgánicos en condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación. Principalmente el material es triturado finamente, luego se inocula con microorganismo y por último es sometido a un proceso mecánico que mantiene el material en compostaje, en constante movimiento (agitación permanente), con control automático de oxígeno y humedad.

El proceso tiene un tiempo de compostaje de menos de dos semanas para producir un compost de buena calidad. Estos cilindros son costosos de construir y operar. La fase de maduración o estabilización del compost, se lleva afuera del reactor, frecuentemente se forman pilas con el material compostado, realizándose un volteo de homogenización final.



Figura 13. Compostaje en cilindro horizontal.

Cilindros verticales o torres verticales.

Son alimentados por la parte de arriba (superior) y el compost se extrae por la parte de abajo (inferior). El tipo más sencillo, es de torre circular, tiene una sola planta y se llena todos los días completamente. Se instala una serie de torres para dar tiempo de permanencia de 4-5 días. El aire se suministra normalmente por presión a través de agujeros en la parte inferior. La agitación se realiza mediante dispositivos helicoidales verticales o brazos rotatorios horizontales.

Cilindros horizontales.

Son cilindros con una ligera pendiente, son alimentados en la parte más alta y el material compostado se saca por la parte inferior del cilindro.

Existe un tambor rotatorio (sistema Duno), el cual consiste en un cilindro de 4 metros de diámetro y 40 metros de longitud, ligeramente inclinado con respecto a la horizontal. La basura se introduce por la parte superior del tambor que gira continuamente a 1-2 revoluciones por minutos.

Se ubican tamices en el extremo inferior lateral o en el fondo del cilindro con el fin de permitir la salida del material compostado. El material rechazado es devuelto a la entrada del tambor, para ser compostado de nuevo. El tiempo de residencia o de compostaje puede ser de 3-7 días luego el material compostado se ubica en pilas por varias semanas para que se realice la maduración. Este material debe ser volteado dos a tres veces por semana. Figura 13.

Producción de compost pasivo o frío en canteros.

En este sistema se usan canteros de unos 40 centímetros de altura que se van llenando **poco a poco** de acuerdo a la disponibilidad del material a compostar, agregándose agua ocasionalmente para mantener el material húmedo, también ocasionalmente se voltean. La velocidad del proceso de compostaje es lenta y nunca se desarrollan temperaturas superiores a los 40 °C, necesarios para matar patógenos y semillas de malas hierbas, este sistema se usa en climas cálidos.

Compostaje frío en huecos o fosas superficiales protegidas.

Se usa en climas fríos con el fin de conservar la poca temperatura que se genera durante el compostaje. Se usan fosas de 60-90 centímetros de profundidad del ancho y largo capaz de recibir todo el material a compostar. Cuando se cava la fosa, el material sacado se coloca en la

periferia de la fosa, con el fin de evitar que el agua de escorrentía durante la lluvia inunde la fosa.

Por su parte el material a compostar se va **agregando lentamente** a la fosa adicionando agua ocasionalmente y también removiéndolo ocasionalmente. En la medida que el material se composta, es sacado, pasándose por un tamiz. El tiempo de compostaje es muy grande de 5-6 meses.

Compostaje frio sobre la superficie del suelo.

En este sistema se esparce sobre la superficie del suelo los materiales orgánicos sin compostar y se siguen agregando en la medida que estén disponibles, luego se incorporan al suelo para su descomposición por los microorganismos del suelo, se espera un tiempo y se siembra.

Es conveniente realizar la incorporación al suelo del material a compostar antes de finalizar el periodo de lluvia para que el suelo este húmedo y los microorganismos puedan hacer su trabajo.

Una variante de este sistema consiste en abrir una pequeña zanja en forma de circulo en el interior de la periferia que proyecta la copa del árbol al mediodía, allí se depositan los desechos orgánicos a compostar, luego se cubren con el suelo sacado de la zanja. Esta operación es conveniente hacerla igualmente antes del final del periodo de lluvia, con el fin de proveerle agua a los microorganismos del suelo, evitando realizarlo en pleno periodo de lluvia, donde el exceso de agua disminuye el oxígeno del suelo.



Figura 14. Compostaje en frío muy apropiado para el cultivo del cacao.

Producción de compost a nivel casero caliente o frío.

- **Producción de compostaje casero caliente**

La diferencia entre el compostaje casero caliente o frío, es que en el compostaje caliente, es necesario tener todos los materiales a compostar y disponer de una cantidad mayor de 1 metro cubico, sin embargo si a ese material se le da una buena aireación, lo cual se puede lograr separando con mallas metálicas o plásticas, que permitan la libre circulación del aire al material a compostar, cuidando que a su vez retenga el material, si se aplica esto, puede lograrse la pila caliente.

El material debe estar protegido de la lluvia y hay que agregarle agua ocasionalmente, puede ser una sola área a compostar o mejor dos áreas adyacentes y mejor aún serian tres áreas adyacentes, cuando hay tres áreas adyacentes, se inicia el compostaje en la primera y a los 21-30 días, se pasa a la segunda área, donde permanece de 21-30 días adicionales; luego de 21-30 días más, se saca el material totalmente compostado. Si el proceso se repite se tendrá cada 21-30 días compost continuo.

Por otro lado se debe considerar que en el pase de un sitio a otro se debe colocar abajo la parte de arriba y la de abajo se coloca arriba con el fin de que el proceso se complete en casi todo el volumen del material en compostaje. El tiempo de compostaje dura de 63-90 días (figura 15).

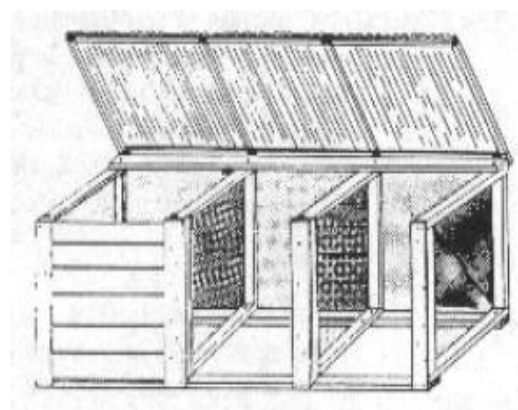


Figura 15. Producción de compostaje casero caliente en 63-90 días.

Compostaje caliente en un barril rotatorio.

El uso de un barril rotatorio reduce el esfuerzo para airear el material en compostaje. Los materiales a compostar con una relación C/N de 25-35/1, previamente mezclados, también mezclados el material húmedo con el seco, se agrega hasta llenar 2/3 del barril, dejando así un 1/3 para la aireación y la mezcla.

El barril se rota diariamente al inicio y después cada dos días y luego cada tres días. Este proceso de rotación continúa hasta que se produce el compost, agregando agua cuando sea necesario. Cuando el material esté listo se saca, lo cual ocurre entre los 20-30 días (figura 16).



Figura 16. Barril rotatorio

Producción de compostaje casero en frío.

El material a compostar (desechos de la cocina, poda de plantas, corte del césped, etc.), se va agregando lentamente (en la medida que se produce), en este caso no hay que preocuparse por la ventilación del material, ya que el oxígeno que les llega, es suficiente para su descomposición, la cual es muy lenta. Tiene la ventaja sobre el compostaje caliente, que requiere muy poco trabajo, ya que no hay que voltearlo periódicamente, solo requiere de agregarle agua en verano.

Cuando haya transcurrido un tiempo adecuado se tamiza y se vuelve a compostar el material no compostado.

Comparación entre el compostaje frío y el caliente.

1. El compostaje caliente necesita más aireación que el frío, requiriéndose más trabajo para voltear/aírear el material a compostar.
2. En el compostaje en caliente y de allí su nombre, se generan altas temperaturas (60-70°C) en cambio en el compostaje frío se generan temperaturas iguales o inferiores a 40°C que no matan los microorganismos patógenos o las semillas de las malezas.
3. En el compostaje caliente es necesario tener **todo el material a compostar** al inicio del proceso en cambio en el compostaje frío el material a compostar se va **añadiendo lentamente** en la medida que se va consiguiendo.
4. El tiempo de compostaje en caliente puede durar entre 14-90 días en cambio el tiempo de compostaje en frío puede durar entre 4-6 meses.
5. En el compostaje en caliente hay que estar muy pendiente de la temperatura y de la humedad del material ya que el agua se evapora y se pierde como vapor de agua secándose por consiguiente el material y disminuyendo la actividad de los microorganismos. El compostaje en frío al ser más lento hay que estar menos pendiente.
6. En el compostaje en caliente la temperatura puede elevarse por encima de 70°C y ocasionar incendios lo cual es muy difícil que ocurra en el compostaje en frío.

Cuadro 4. Problemas frecuentes durante el proceso de compostaje en caliente, sus causas probables y sus soluciones

Problema	Causas probables	Soluciones
La pila tiene olor a amoníaco (NH₃)	Baja relación C/N, está fuera de balance, tiene demasiado N. Demasiados materiales verdes.	Voltee la pila y agregue materiales con alta relación C/N (residuos leñosos o aserrín).
Hay desprendimiento de olor desagradable (putrificación) ácido sulfídrico (H₂S)	Exceso de humedad Falta de oxígeno Exceso de materiales con baja relación C/N.	Aumente la pérdida de agua de la pila y agregue material seco. Voltee para aumentar la aireación o agregue materiales no compactables para crear espacios de aire. Agregue materiales con alta relación C/N.
La pila no aumenta de temperatura (no se calienta)	Falta de oxígeno Falta o exceso de humedad. Alta relación C/N (falta de nitrógeno). El aire superficial puede ser muy pequeño.	Voltee la pila en los primeros 15 días. Agregue agua. Agregue más materiales para crear una pila más grande. Agregue urea o materiales con baja relación C/N (alto contenido de nitrógeno).
El proceso de compostaje es muy lento.	Las partículas de la pila son demasiado grandes.	Corte los desechos en pedazos de 2.0 cm además agregue material compostado para proveer más microorganismos.
La pila de compost no reduce su tamaño.	Falta de oxígeno. Falta o exceso de humedad.	Voltee la pila. Agregue agua.
El centro de la pila está muy seco.	No hay suficiente agua.	Agregue agua al voltear la pila.

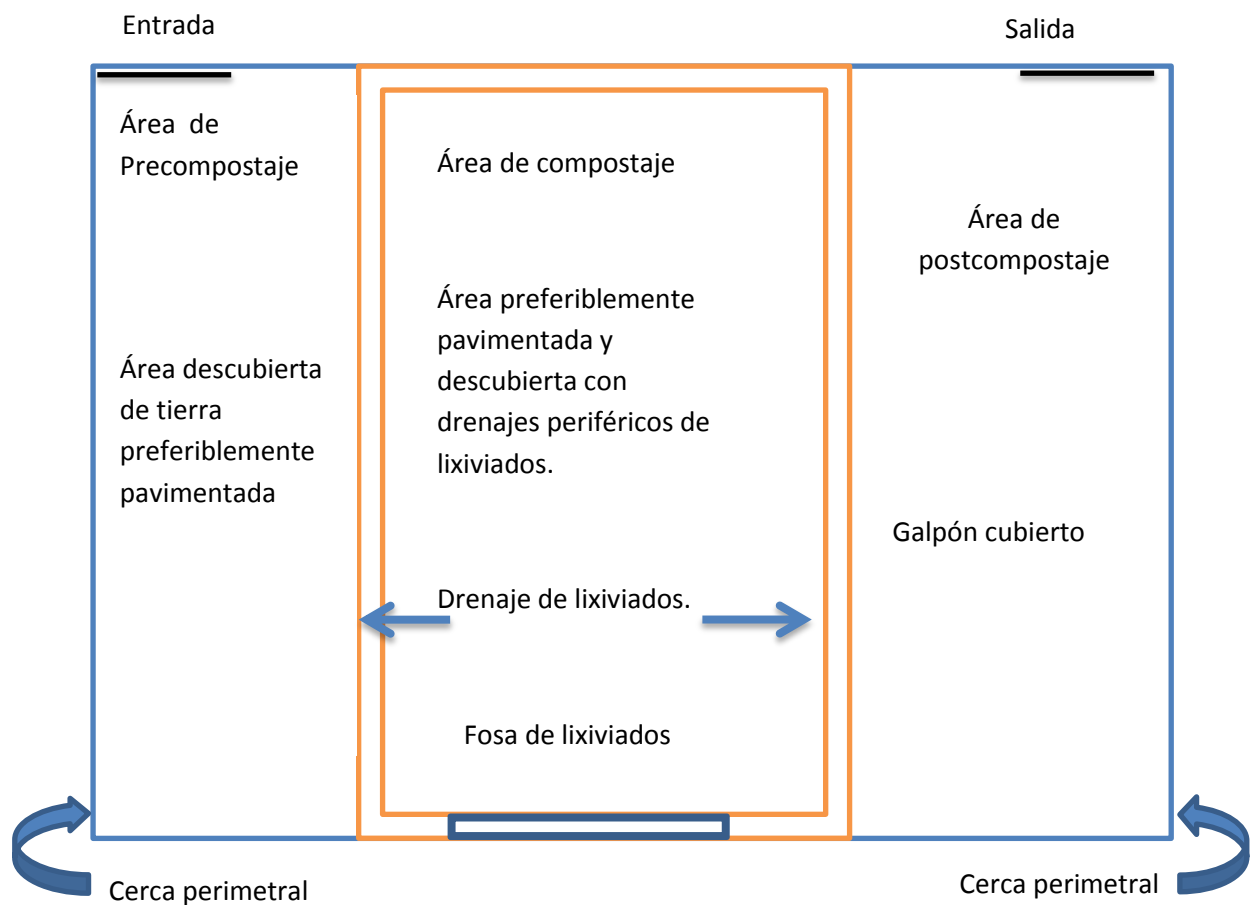


Figura 17. Unidad de compostaje caliente.

La unidad de compostaje caliente.

La unidad de compostaje caliente tiene tres áreas:

- 1. Área de precompostaje.**
- 2. Área de compostaje**
- 3. Área de postcompostaje.**

1. Área de precompostaje. Es un área descubierta que puede ser de tierra libre de plantas preferiblemente pavimentada. En esta área se ubica el material que se va a compostar y se separan los materiales no orgánicos

(no compostables) de los materiales orgánicos. Los materiales orgánicos se mantiene separados para unirlos en el momento que se van a compostar de acuerdo a su relación C/N.

2. Área de compostaje. Es un área preferiblemente pavimentada y descubierta con **drenaje periférico de lixiviados** que drenan por gravedad a una **fosa de lixiviados** y de agua de lluvia. La fosa de lixiviados tiene al menos 2,5 metros de profundidad. Esta fosa tiene un sistema de riego con una bomba que asperja los lixiviados para humedecer y enriquecer las pilas de compost. En la unidad de compostaje debe haber un tractor con pala y un remolque, además de un sistema de bombeo y aspersión.

3. Área de postcompostaje. Esta es un área protegida de la lluvia (un galpón cubierto) donde se lleva el material previamente compostado para protegerlo de la lluvia y para que se realice la fase de maduración, luego se tamiza y se ensaca (Figura 17).

Cuadro 5. Factores a tener en cuenta en la escogencia del sistema de compostaje. Sistemas caseros.

Sistema	Área necesaria	Mano de obra	Volumen al inicio	Tiempo de compostaje.
Pila caliente.	Poca.	Mayor.	15-20m ³	21-50 días.
Pila fría.	Poca.	Menor.	Se agrega lentamente	4-5 meses.
Barril rotativo	Muy poca.	Intermedia.	Pequeño menos de 1m ³	20-30 días.

Cuadro 6. Factores a tener en cuenta en la escogencia del sistema de compostaje. Sistemas Industriales.

Sistema de compostaje	Área necesaria	Mano de obra	Volumen al inicio	Costo	Tiempo de compostaje.
Pila caliente.	Bastante	Moderada	Bastante	Casi nada	21-90 días
Pila fría.	Bastante	Muy poca	Moderada	Muy poca	5-6 meses
Reactor o contenedor	Moderada	Moderada	Bastante	Muy costoso	8-16 días

Postcompostaje.

Comprende desde el inicio de la maduración de la materia orgánica previamente compostada hasta que sale envasado.

1. Una vez compostado, el material se debe ubicar en un galpón industrial que lo proteja de la lluvia y complete su madurez, para lo cual se debe organizar en forma de pila.
2. Pasado dos o tres meses se deben realizar pruebas físicas de color, olor y de ser posible pruebas de germinación para asegurarse que el compost ha madurado.
3. Una vez que ha alcanzado la madurez adecuada se extiende en capas no mayor de 30cm para eliminar humedad, al alcanzar el 20% de humedad se procede a tamizar el material.
4. **Tamizado o cribado.** Primero se realiza un tamizado con cribas de 25mm con el objeto de separar material compostado (que no pasa la criba) el cual se vuelve a compostar. Luego se realiza un segundo tamizado con cribas de 8-10mm de diámetro obteniéndose un material homogéneo y de



granulometría adecuada para ser usado en agricultura. Las cribas a usar pueden ser fijas (las más baratas), vibratorias o de rotación.

El material rechazado durante el tamizado se vuelve a compostar y puede representar entre el 5 y el 20%.

5. Una vez tamizado se ensaca manualmente o mediante ensacadoras por gravedad en sacos de papel o plástico que deben estar completamente limpios, que no los hayan usado con agrotóxicos u otras sustancias químicas.

Evaluación del compost estabilizado.

Una vez que la materia orgánica ha sido compostada, puede estar en alguna de las tres categorías siguientes:

1. Compost fresco o crudo.
2. Compost maduro.
3. Compost curado.

La estabilización del compost (cantidad de humus que contenga) y el grado de mineralización (cantidad de minerales solubles y ácidos orgánicos que contenga) van a determinar la categoría o la que pertenezca un determinado compost, siendo el compost fresco el que contiene menos humus y menos minerales y el compost curado el que tiene la máxima cantidad de humus y la mayor capacidad de generar minerales a través de la mineralización.

Las evaluaciones físicas son algunos de los criterios más prácticos para determinar a qué categoría pertenece un determinado compost.

- 1. Evaluación del olor.** Los compost frescos o crudos presentan un olor característico debido a la presencia de ácidos orgánicos y a condiciones de anaerobiosis donde se generan gases como el ácido

sulfídrico (H_2S) y el amoníaco (NH_3). Cuando el compost está curado o maduro presenta un olor a tierra mojada, debido principalmente a la presencia de actinomicetes.

2. Evaluación del color. Este parámetro cambia a lo largo del proceso de compostaje: visualmente se va detectando el paso gradual de colores claros a oscuros o casi negros brillante cuando ha ocurrido la madurez.

3. Evaluación de la temperatura. La temperatura durante el proceso de compostaje caliente pasa de temperaturas ambientales ($25\text{-}30^\circ\text{C}$) a $40\text{-}45^\circ\text{C}$ (fase mesofílica uno) para luego subir a $70\text{-}80^\circ\text{C}$ (fase termofílica) luego desciende a 45°C y luego sigue enfriándose (fase mesofílica dos) hasta alcanzar la temperatura ambiente.

Cuando el compost este maduro su temperatura es igual a la temperatura ambiente nunca superior.

4. Evaluación del pH. Al iniciarse el proceso de compostaje el pH del compost es ácido (menos de 6) debido a la formación de ácidos orgánicos, pero al final del proceso presenta un pH alcalino (mayor a 7,6).

Si se mide el pH de un compost y presenta valores alcalinos, significa que tiene un grado de madurez aceptable.

Bioensayos o pruebas de germinación y/o crecimiento para evaluar la madurez del compost.

Con estos bioensayos se busca determinar los efectos tóxicos de la presencia de **fitotoxinas** producidas por la inmadurez del compost. Sin embargo la fitotoxicidad puede ocurrir con compost maduros o estables, debido a la presencia de sustancias que no fueron removidas durante el

proceso de compostaje por ejemplo: metales pesados, herbicidas persistentes, etc.

Las pruebas en plantas o bioensayos utilizados para determinar fitotoxinas pueden ser:

Pruebas de germinación (a veces incluye la evaluación de raíces).

Pruebas de crecimiento: evalúa el crecimiento de la parte aérea y a veces la masa radical de la plántula.

Mixta, incluye germinación y crecimiento de la plántula.

Cuadro 7. Aplicando los siguientes rangos a cuantificación de la

Muy maduros	Mayor de 90% de germinación
Maduros	80-90 de germinación
Inmaduros	Menos de 80% de germinación

germinación se puede clasificar la maduración del compost.

La semilla usada es la del berro (*Lepidium sativum*) como planta índice, calculándose el **índice de germinación (IG)**.

$$IG = \%G \times LC/LT$$

$\%G$ = Porcentaje de germinación.

LC = Longitud de las raíces en plantas creciendo en compost.

LT = Longitud de las raíces en plantas testigo (sin compost).

En este índice además de utilizar el porcentaje de germinación se usa la longitud de las raíces que estuvieron en contacto con el compost y de los que no estuvieron (testigo).

Uso del compost.

El compost maduro es una mezcla de materiales: humus, minerales producto de la mineralización del humus, ácidos fulvicos y húmicos capaces de quelatar, cationes metálicos, hormonas vegetales y una inmensa variedad y cantidad de microorganismos.

El compost al agregarse al suelo se comporta como una enmienda.

El compost maduro es incapaz de producir quemado ya que no eleva su temperatura, además su concentración de nutrientes es muy baja.

Cuando se agrega compost al suelo y este tiene toxicidad los micronutrientes (cationes metálicos) se contrarresta por la capacidad de quelatar que tienen los ácidos húmicos y fulvicos. Al quelatarse se evita que las plantas lo absorban de inmediato y produzcan toxicidad pero están disponibles para las plantas después. Con la quelación de cationes metálicos macronutrientes y micronutrientes se evita la lixiviación.

1. Té de compost.

El té se obtiene al sumergir completamente en agua limpia (un saco no muy tramado que permite la entrada y salida del agua pero no del compost) lleno de compost, se deja sumergido por varios días (2-6 días)

sacando el saco del agua al menos una vez al día y dejándolo



airearse por 1-2 horas para que no se mueran los microorganismos aeróbicos, justamente antes de sacar el saco por última vez se sumerge y se saca varias veces para tratar de extraerle la máxima cantidad de material soluble que posee. Se saca el saco y el líquido o te obtenido es de color marrón oscuro, se diluye con agua limpia hasta obtener un té de color claro (al 20% es decir, a un litro de se le agregan cuatro litros de agua y se mezcla bien). El saco se puede colocar de nuevo en el recipiente con agua limpia para repetir el procedimiento, el compost se sigue disolviendo, después de 48 horas se obtiene un segundo te un poco menos concentrado que el anterior, diluyéndose con agua limpia hasta obtener un té de color claro (al 25 0 al 30%). El contenido solido que queda en el saco se puede utilizar para las plantas del jardín. Él te de compost se puede usar asperjando al follaje como fertilizante foliar o aplicado al suelo.

2. Producción de humus líquido/sólido de lombriz roja californiana.

El humus producido mediante el compostaje de desechos orgánicos,



una vez tamizado, está constituido por partículas de 20 micras, es decir, material muy pequeño, que puede ser succionado fácilmente por la lombriz y transformado



en humus muy concentrado en el tracto digestivo de la lombriz. Este humus solido necesita ser mezclado con un buen suelo para que no se produzca quemado en las plantas. Después de ser sacada las lombrices se le agrega agua limpia abundante al humus sólido, este se disuelve parcialmente y se produce una solución después de pasar el líquido varias veces por el “**humus sólido**”, produciéndose

una solución o “**humus líquido**” concentrado oscuro que necesita ser diluido para ser utilizado como fertilizante foliar o para fertilizar el suelo.

3. Fertilizante de larga duración o de liberación lenta.

Al agregar el compost al suelo, este se comporta como un fertilizante de larga duración o de liberación lenta, es decir, se inicia el proceso de **mineralización** donde se genera en forma **muy lenta y en baja concentración** los minerales, macro y micronutrientes que las plantas necesitan. El proceso de mineralización es un proceso lento de oxidación del humus por los microorganismos, que depende de la temperatura, del humus, del oxígeno y de los microorganismos. Al ser oxidados lentamente el humus y producirse poca concentración de minerales se evita su lixiviación, pero como la concentración es baja se pueden producir deficiencias de macronutrientes. Al compostarse con un fertilizante de liberación lenta, que en trópico cálido puede sobrepasar un año, pero en zonas frías puede durar más de dos años liberando minerales.

4. Quelación de minerales tóxicos por el humus.

Algunos cationes metálicos tóxicos (micronutrientes o no) son quelados por los ácidos húmicos y fulvicos evitándose que las plantas los absorban y le ocasionen toxicidad.

5. Mejora de la estructura del suelo.

La materia orgánica mejora la estructura del suelo, lo cual determina que el agua sea retenida por el suelo. La materia orgánica misma retiene agua, lo cual ayuda a suministrarle agua a las plantas.

6. Mejora el pH de suelos ácidos.

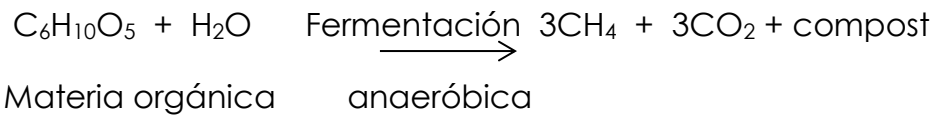
En los suelos ácidos se privilegia la absorción de micronutrientes (excepto el molibdeno) por encima de los macronutrientes porque estos últimos no son bien absorbidos. El compost maduro tiene un pH

alcalino de 8-9 que al agregárselo al suelo sube el pH favoreciéndose así la absorción de macronutrientes, ya que al subir el pH a pH 6-7 tanto macronutrientes como micronutrientes se absorben igualmente.

Glosario

1. **Abono Verde:** El abono verde consiste en la producción de un cultivo de corta duración, normalmente una leguminosa, como la crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) que se incorpora al suelo antes que alcance la madurez y que al descomponerse en el suelo proporciona nutrientes para el cultivo siguiente.
2. **Aeróbico:** Organismo que viven en presencia del oxígeno o aire.
3. **Anaeróbico:** Organismo que viven en ausencia del oxígeno o aire.
4. **Amoniac (NH_3):** Gas compuesto de nitrógeno (N) e hidrógeno (H) que se puede producir y liberar durante la descomposición de desechos orgánicos produciéndose una pérdida de nitrógeno.
5. **Amonificación:** Es la liberación de nitrógeno orgánico en forma de gas amonio (NH_3).
6. **Bacteria Mesofílica:** Son aquellas que descomponen la materia orgánica a temperatura que oscila entre 30 y 40°C.
7. **Bacteria Termofílica:** Son aquellas que degradan la materia orgánica en condiciones calientes con temperaturas entre 40 y 70°C. Realizan la descomposición en un tiempo muy corto y se genera mucho calor.
8. **Balance de nutrientes:** Es la combinación de materiales ricos en nitrógeno (baja relación C/N, por ejemplo C/N= 20/1), con materiales ricos en carbono (alta relación C/N por ejemplo C/N= 80/1) para tratar de obtener una relación óptima de C/N de 25-30.
9. **Biodegradable:** Material orgánico complejo capaz de ser descompuesto por microorganismos en compuestos químicos simples.
10. **Biodigestores o Contenedores:** Son cilindros horizontales de grandes dimensiones que en su interior tienen inyectores de aire y agua que mueve el material en compostaje y en 8-10 días está listo, es sacado y se deja madurar por un tiempo. Se usa cuando se dispone de grandes cantidades de materia orgánica.
11. **Biogás:** Proceso de fermentación anaeróbica por acción de los microorganismos anaeróbicos bacterias y hongos sobre la materia orgánica con adición de agua, donde se generan gases pobres: metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) y compost, con el fin de usar el metano en el área doméstica: cocina, luz, calefacción,

además de su uso en motores de combustión interna para pequeños generadores eléctricos. El compost maduro es rico en nitrógeno y fósforo y está exento de olores desagradables. Las instalaciones de biogás son complementarias de la cría de cerdo.



12. Catalizador: Es una sustancia que acelera una reacción química, sin participar ella misma en la reacción (ver enzimas).

13. Celulosa: Es un polisacárido, polímero de la glucosa, componente principal de las paredes celulares de las células vegetales. Es el material básico de construcción de las fibras vegetales.

14. Compostaje Superficial o Directo sobre el Terreno: En este sistema se esparce sobre la superficie del suelo los materiales orgánicos sin compostar, previamente desmenuzados formando una fina capa, luego se incorporan al suelo para su descomposición, se espera un tiempo y se siembra.

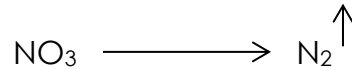
Es conveniente realizar la incorporación al suelo del material a compostar, antes de finalizar el periodo de lluvia para que el suelo esté húmedo y los microorganismos puedan hacer su trabajo. El material sufre una descomposición aeróbica, las pérdidas de nitrógeno son altas compensadas en parte por la fijación de nitrógeno atmosférico.

15. Chimenea: Son palos verticales de 15 cm de diámetro y 3,5 metros de largo que se colocan en el centro de la pila separados 2 metros entre ellos con el fin de airear la pila ya que una vez construida la pila se sacan y queda el hueco por donde entra el aire/oxígeno y sale el CO₂ y el exceso de calor. Al estar constituida la pila, en su parte más alta se forma una hilera de palos. (ver ventilación lateral de la pila con palos).

16. Demanda de Oxígeno: Es el oxígeno usado por los microorganismos en el proceso de fermentación aeróbica de la materia orgánica en el transcurso de su descomposición. Durante la fase termofílica el oxígeno que es suministrado a la pila por ventilación natural (Difusión y Efecto chimenea) debería satisfacer la demanda de oxígeno de la pila.

17. Difusión: Es el movimiento tridimensional de las moléculas desde donde están más concentradas. La energía para movilizarse la derivan de la temperatura del ambiente. El recorrido difusivo es de pequeñas distancias ya que es muy lento. El oxígeno (O₂) entra y se mueve dentro de la pila por difusión en cambio el dióxido de carbono (CO₂) no sale de la pila por difusión (ver efecto chimenea).

18. Desnitrificación: Es la transformación del Nitrato (NO₃) a Nitrógeno gaseoso (N₂). Es un proceso de reducción



19. Dióxido de Carbono (CO₂): Gas compuesto de carbono (C) y oxígeno (O₂) el cual se produce durante la descomposición de los desechos orgánicos.

20. Efecto Chimenea: Es cuando el aire caliente se mueve en la parte inferior de la pila hacia arriba y hacia afuera sacando el dióxido de carbono (CO₂) y el exceso de calor de la pila, creando en el interior de la pila una presión negativa que succiona el aire/oxígeno hacia el interior de la pila. Mediante el efecto chimenea se recorren distancias relativamente largas en corto tiempo (ver difusión).

21. Enmiendas Orgánicas: Cualquier sustancia orgánica capaz de mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

22. Enzimas: Es un catalizador biológico (ver catalizador).

23. Esporas: Son cuerpos reproductivos unicelulares o de varias células, que se van desprendiendo del organismo parental y dan origen bien directamente o indirectamente a nuevos individuos. Se producen en grandes cantidades y existen en las plantas inferiores como bacterias y hongos.

24. Fermentación: Es la degradación de sustancias orgánicas por la acción de las enzimas producidas por microorganismos (bacterias, hongos, etc.) acompañadas con frecuencia de emisiones gaseosas ((CO₂) etc.). La fermentación puede ser aeróbica cuando es necesario la presencia de oxígeno; puede ser anaeróbica cuando no es necesario el oxígeno para que los microorganismos actúen.

25. Fertilizantes: Son compuestos químicos solubles en agua, usualmente producidos por el hombre que suministran al suelo los nutrientes extraídos por las plantas. La fertilización tiene como finalidad incrementar los rendimientos al aumentar las reservas de nutrientes ya existentes en el suelo.

26. Formación del Ácido Sulfídrico o dihidruro de azufre (H₂S): El sulfato (SO₄) se reduce a ácido Sulfídrico (H₂S)



27. Humificación: Es la producción de humus (partículas orgánicas de 20 micras de tamaño) a partir de excretas animales y residuos vegetales u otros materiales orgánicos mediante la fermentación aeróbica y anaeróbica. Al alcanzar las partículas ese tamaño (20 micras) se **estabilizan** ya que el proceso degradativo disminuye notablemente. La reacción carbono/nitrógeno (C/N) tiene un valor menor de 15 llegando a 10 cuando finaliza la humificación (ver humus).

28. Humus: Materia orgánica compleja y estable de 20 micras resultante de la descomposición de materiales orgánicos de desechos de origen vegetal y/o animal. Es un material coloidal con carga negativa (atrae y retiene cationes) que flocula para formar gránulos.

29. Lavado o lixiviado: Es el líquido que escurre de la materia orgánica en descomposición, que contiene nutrientes y se efectúa generalmente durante el compostaje, pudiendo contener también toxinas.

30. Lignina: Compuesto aromático complejo que está presente en las paredes de algunas células vegetales confiriéndoles firmeza y rigidez a las microfibrillas de celulosa.

31. Maduro (Compost): Cuando el material en compostaje se ha descompuesto completamente para formar humus.

32. Mesofílico: Actitud de los organismos para crecer a temperaturas moderadas.

33. Metales Pesados o Metales Trazas: Son minerales potencialmente tóxicos para los seres humanos, animales y plantas. Usualmente se encuentran en pequeñas cantidades pero se acumula en los seres vivos y hacen mucho daño son: el Cromo (Cr), el Cobre (Cu), el Níquel (Ni), el Cadmio (Cd), el Plomo (Pb), el Mercurio (Hg) y el Zinc (Zn).

34. Mineral: Cualquier sustancia cuyo origen no es vegetal ni animal. Los animales y vegetales contienen minerales.

35. Mineralización: Es la transformación lenta y aeróbica del humus en minerales solubles en agua que pueden ser absorbidos por las plantas. Los minerales se liberan por la acción lenta de los

microorganismos sobre el humus en condiciones de humedad y de oxígeno liberándose CO₂.

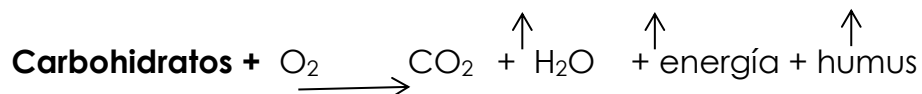
36. Mulch: Es una cubierta protectora del suelo. El compost **parcialmente descompuesto** es un Mulch, provee dióxido de carbono (CO₂), calor en los climas fríos porque lo genera y porque lo absorbe del sol debido a su color oscuro, conserva la humedad evita el crecimiento de malas hierbas por falta de luz y suministra nutrientes lentamente en la medida que se descompone.

37. Nitrificación: Es la conversión aeróbica por microorganismos del suelo de compuestos orgánicos del nitrógeno, no disponible para las plantas verdes, en nitrato (NO₃) que si es absorbible, pasando por nitrito (NO₂). Un primer paso es la **nitrificación** (abstención de nitrito) y un segundo paso es la nitratación (conversión del nitrito a nitrato) obtención de nitratos.

38. Nutriente: Es aquel que sirve de alimento al hombre, los animales o las plantas. El porcentaje promedio de nutrientes de compost es: 0,5% N, 0,2% P y 0,3% K además de otros micronutrientes y macronutrientes.

39. Orgánico: Material existente en los seres vivos: plantas y animales.

40. Oxidación: Que se combina con el oxígeno (O₂). La materia orgánica es oxidada a dióxido de carbono (CO₂.) y agua (H₂O) generándose calor (energía) y obteniéndose humus.



41. Pasteurización: Destrucción de patógenos con altas temperaturas durante la fase termofílica.

42. Patógeno: Organismo causante de enfermedades (bacterias, hongos, etc.).

43. pH: Medida de acidez o alcalinidad. El valor de 7 es neutro, cuando más bajo sea el valor (cercano a cero) mayor es la acidez y cuando más alto sea el valor (cercano a 14) mayor es la alcalinidad.

44. Pila Activa o Caliente de Compost: Es aquello en que todo el material a compostar se agrega de una sola vez que se voltea al menos una vez (usualmente dos veces), desde el inicio hasta la maduración o que es aireada frecuentemente (aire forzado o succión) produciéndose una fermentación aeróbica desarrollándose

altas temperaturas (65-70°C) que matan los patógenos, obteniéndose compost maduro (humus) en forma rápida 21-50 días).

45. Pila de Compost: Es la forma de organizar el material a compostar formando una pirámide truncada de forma triangular 250cm de ancho, 150 centímetros de alto con material orgánico acumulado y que se ubica en la pila todo al mismo tiempo (pila activa o caliente). La pila puede tener también la forma trapezoidal de baja altura (60cm de alto) y 100cm de base a la cual se le va agregando material orgánico a ser compostado en la medida en que este material orgánico es conseguido (pila pasiva o fría). Hay que agregarle agua a la pila en la medida que esta la necesite para evitar el deshidratado y muerte de los microorganismos.

46. Pila Pasiva o Fría de Compost: Es aquello en que el material a compostar se agrega en diferentes momentos que no se voltea ocurriendo descomposición anaeróbica (fermentación anaeróbica) en mayor grado que la aeróbica, el proceso de compostaje se realiza lentamente a temperatura fría durante un largo período de tiempo. No hay muerte térmica de patógenos. (no hay Pasteurización).

47. Polímeros: Compuesto químico formado por la unión de un gran número de compuestos idénticos, más sencillos.

48. Proteínas: Compuesto orgánico muy complejo formado por muchos aminoácidos.

49. Purín (estiércol líquido): Líquido formado por la orina de los animales, por las agua de lluvia y por el sobrante de los líquidos de los estercoleros (lixiviados).

50. Quelato: Enlace de un catión metálico con una molécula orgánica compleja (ácidos húmicos y fulvicos). Los macronutrientes: Calcio (Ca^{2+}), Potasio (K^+) y Magnesio (Mg^{2+}) son quelados por la materia orgánica, lo mismo que los micronutrientes Hierro (Fe^{2+}), Cobre (Cu^{2+}), Manganeso (Mn^{2+}) y Zinc (Zn^{2+}). Al ser quelados se evita su lixiviación y están disponibles para las plantas.

51. Relación Carbono/Nitrógeno (C/N): Es la relación de los materiales a compostar entre su contenido de carbono (C) que provee energía para los microorganismos y el nitrógeno (N) que es usado para la formación de las proteínas celulares de los microorganismos. Una relación de C/N de 10/1 indica que tiene alto contenido de nitrógeno y bajo de carbono.

La relación 10/1 se obtiene cuando el compost está maduro. Una relación C/N = 70 significa que el contenido de carbono del material es alto y el del nitrógeno es bajo. La relación ideal de C/N para los microorganismos es de 25/1 – 30/1.

52. Sicrofilo: Que puede crecer a bajas temperaturas.

53. Tamiz: Cedazo que permite el paso del material más fino a través de la criba y retiene el material de mayor tamaño el cual cae rodando por la parte frontal. Se utiliza cribas de distinta luz de malla para separar diferentes granulometrías. El tamaño del agujero debe ser de 25 milímetros.

54. Tamizado o Cribado: Es la separación de materiales de diferentes tamaños (granulometría) mediante el uso de un tamiz. En el caso del compostaje interesa separar material compostado (humus) del no compostado o parcialmente compostado el cual debe ser vuelto a compostar.

55. Te de Compost: Es un compost líquido que se prepara al sumergir un saco tramado (para evitar la salida del compost) que contiene compost 20-30kg, el cual se sumerge totalmente en agua limpia por 4-6 días el saco se saca del agua periódicamente por 1-2 horas para airearlo al final de las 4-6 días se saca el saco y el te obtenido es de un color marrón oscuro, el cual debe diluirse con agua hasta obtener un color claro (al 20%) en esta forma puede ser asperjado cada 10 días a la planta o suministrado al sustrato o suelo. Este te es rico en minerales y fitohormonas.

56. Termófilo: Que es capaz de crecer a altas temperaturas

57. Tiempo de compostaje (TC) o tiempo de residencia (TR): Es el tiempo que tarda un desecho orgánico o materia prima en transformarse en humus, usualmente este tiempo no incluye la fase de maduración y va a depender del material orgánico usado y del sistema de compostaje. El tiempo de compostaje puede durar con el sistema de pila caliente entre 14-90 días y menor tiempo cuando esta insuflada o absorbida el aire en la pila. Si la pila es fría el tiempo de compostaje puede durar 5-6 meses.

58. Toxina: Sustancia de naturaleza proteica elaborada por los seres vivos especialmente los microbios, que actúa como veneno aun en pequeñas porciones.

59. Transpiración: Perdida de vapor de agua de las plantas a través principalmente de las hojas

- 60. Ventilación:** La ventilación del material en compostaje puede ser natural o forzada. Con la ventilación se persigue incorporar oxígeno/aire al interior del material en compostaje y sacar el dióxido de carbono y exceso de calor. La ventilación natural se efectúa mediante la difusión y el efecto chimenea. La ventilación forzada se efectúa mediante ventiladores o extractores de aire que insuflan o extraen aire de la pila.
- 61. Ventilación lateral de pilas con palos:** Son palos que atraviesan la pila horizontalmente en su tercio más bajo, que tienen 15-20 cm de diámetro y 3,5-4,0 metros de largo y que una vez que está constituida la pila se sacan para permitir una ventilación lateral de aire/oxígeno, CO₂ y calor. Justamente con la chimenea aumenta grandemente la ventilación natural de la pila estática.
- 62. Voltear:** Es el traslado del material en compostaje del área donde está la pila a un área adyacente para formar una nueva pila tratando de invertir el orden de los materiales: el material que estaba en la parte superior de la pila colocándolo en la parte de abajo en la nueva pila y el material que estaba en la parte inferior de la pila colocándolo en la parte superior de la pila nueva. El volteo es para airear el material en compostaje, debe hacerse al menos una vez siendo aconsejable hacerlo dos o más veces.

Bibliografía

Alfonso Sevilla Portillo, Dolores Buen Día Guerrero, José Luis Racero, Luque Romero, Mercedes Uceda de la Maza, Miguel Ángel Domene Ruiz. 2012. Compost para principiantes. Documentos Técnicos 03. Fundación Cajamar 21p.

Anónimo – Compostando con OikoBac Recursos Ecologicos OiKos, S.A. Maracay Venezuela. 24p.

Ciepe 1995. Curso de reciclaje de residuos orgánicos municipales, industriales y agropecuarios. Mimeografiado. 40p.

Dalzell H. W.; Biddlestone A. J.; Gray K. R. y Turairajan K. 1991. Manejo del suelo: Producción y uso del composte en ambientes tropicales. Boletín de suelos de FAO N° 56. 178p

Ecology Farm de Venezuela- Mezcla multienzimática 2p.

FAO 1975. Materias Orgánicas Fertilizantes. Boletín de Suelos N° 27. FAO. Roma. 394p.

Florentino de Andreu, A., Z. Lozano, S. Torres, R. M. Hernández y M. Garrido. Primer taller Internacional sobre Agricultura Orgánica. Resúmenes. Maracay, Venezuela. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 35p.

Havek, F. M. 1979. China: reciclaje de desechos orgánicos en la agricultura. Boletín de suelos de la FAO N° 40 Roma. 106p.

Landinez, H. 2008. Usos de índice de calidad para evaluar y validar la aplicación agrícola de los compost comercializados en los estados Lara y Yaracuy. Proyecto de Tesis de Doctorado. Comisión de Estudios de Postgrado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela 56p.

O`Ryan H., M.O. Riffo. Universidad de las Américas 2007. El Compostaje y su utilización en agricultura. Manuales FIA de Apoyo a la Formación de recursos humanos para la innovación agraria. Ministerio de Agricultura Chile. 40p.

Pravia M.A., Szlern, D. 1996. Manual para la elaboración de compost. Bases conceptuales y Procedimientos. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 69p.

Rivero de T, C. 1999. Materia orgánica del suelo. Revista de la Facultad de Agronomía. Alcance 57. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 211p.

Taylhardat, L. 2007. Procesos aeróbicos, anaeróbicos y fisicoquímicos como alternativas tecnológicas para el saneamiento y aprovechamiento de los desechos sólidos orgánicos. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, Aragua 15p. Programa de capacitación para la región andina IICA-SIHCA-UCV. 15p.